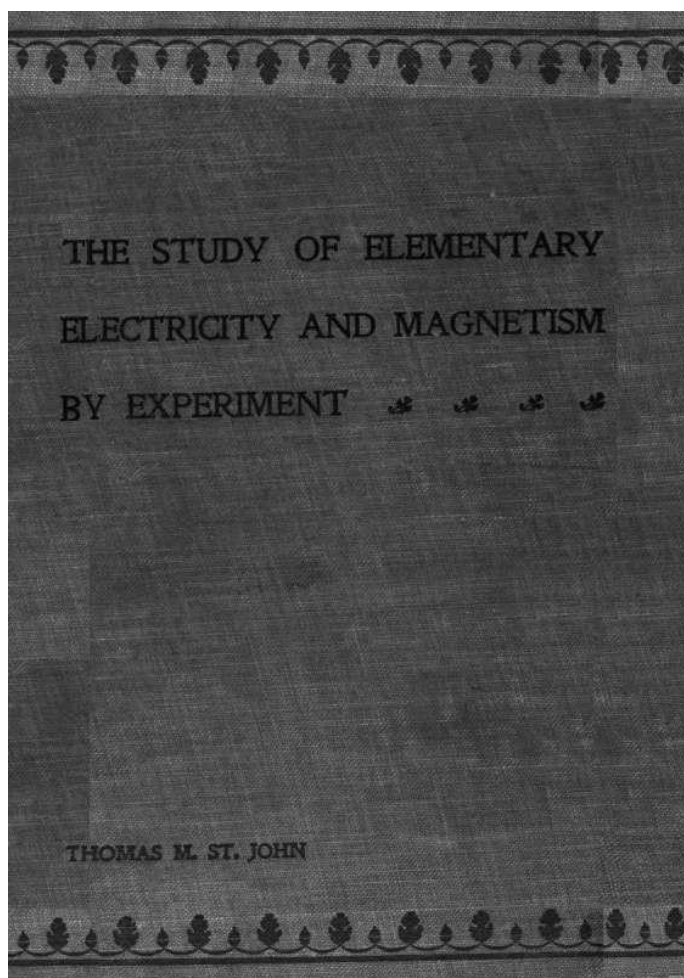


Изучение элементарного электричества и магнетизма экспериментальным путем, содержащее двести экспериментов, выполненных с помощью простых самодельных приборов

Томас М. Сент-Джон



Электронная книга проекта Гутенберга по Изучению элементарного электричества и магнетизма экспериментальным путем

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Изучение элементарного электричества и магнетизма экспериментальным путем

Автор: Томас М. Сент-Джон

Дата выхода: 22 января 2015 г. [Электронная книга № 48041]

Последнее обновление: 24 октября 2024 г.

Язык: Английский

Кредиты: Подготовлено Крисом Керну, Крисом Джорданом и командой онлайн-корректоров по адресу <http://www.pgdp.net> (Эта книга была подготовлена на основе отсканированных изображений материалов, находящихся в общественном достоянии, из проекта Google Print project.)

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА "ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА ГУТЕНБЕРГА" ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И МАГНЕТИЗМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ПУТЕМ " ***

Изучение элементарного электричества и магнетизма экспериментальным путем

АВТОР ТОТ ЖЕ.

ЗАБАВА С МАГНЕТИЗМОМ. Книга и полное снаряжение для *Шестидесяти одного* эксперимента.

ЗАБАВЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ. Книга и полное снаряжение для *Шестидесяти* экспериментов.

ЗАБАВА С ГОЛОВОЛОМКАМИ. Книга и полный комплект для *четырехсот* головоломок.

ЗАБАВА С МЫЛЬНЫМИ ПУЗЫРЯМИ. Книга и полный комплект одежды для *фантастических* мыльных пузырей и фильмов.

ХАСТЛБОЛЛ. Американская игра. В нее играют с помощью волшебных палочек и полированных стальных шариков.

ДЖИНГО. Великая военная игра, включая **ДЖИНГО МЛАДШЕГО**.

КАК ДВА МАЛЬЧИКА САМИ СМАСТЕРИЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АППАРАТ. Книга, содержащая полные инструкции по изготовлению всевозможных простых приборов для изучения элементарного электричества.

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И МАГНЕТИЗМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ПУТЕМ. Эта книга предназначена как учебное пособие для любителей, студентов и других лиц, желающих пройти систематический курс простых экспериментов дома или в школе.

В СТАДИИ ПОДГОТОВКИ.

ЧТО МАЛЬЧИК ДОЛЖЕН ЗНАТЬ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ.

Эта книга объясняет простым и понятным языком многое об электричестве; вещи, которыми американский мальчик очень интересуется; вещи, которые он хочет знать; вещи, которые он должен знать.

Спросите у своего продавца игрушек, канцелярских принадлежностей или книготорговца о наших книгах, играх, головоломках, развивающих развлечениях и т.д.

Томас М. Сент-Джон, 407 West 51st St., Нью-Йорк.

Изучение элементарного электричества и магнетизма экспериментальным путем

Содержит ДВЕСТИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, ПРОВЕДЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ПРОСТОГО САМОДЕЛЬНОГО АППАРАТА

ТОМАСА М. СЕНТ-Джона, метрдотеля

Автора книг "Забавы с магнетизмом", "Забавы с электричеством", "Как два мальчика сами сделали электрический аппарат" и др.



НЬЮ-ЙОРК

ТОМАС М. СЕНТ-Джон

Западная 51-я улица, 407,
1900

Авторское право, 1900,
Томаса М. Сент-Джона.

Студенту.

Эта книга предназначена как учебное пособие для любителей, студентов и других лиц, желающих пройти систематический курс элементарных электрических экспериментов дома или в школе.

Учащемуся рекомендуется начать с самого начала, выполнять эксперименты в указанном порядке и понимать каждый шаг, прежде чем продолжить. Определенные принципы и пояснения обязательно предшествуют практическому и, возможно, более интересному применению этих принципов.

При выборе оборудования для экспериментов, описанных в этой книге, автор постоянно учитывал тот факт, что средний студент не станет покупать дорогие приборы, обычно описываемые в учебниках.

Приведенные двести экспериментов могут быть выполнены с помощью простого и недорогого оборудования; фактически, студент должен изготовить хотя бы часть своего собственного устройства.

В интересах тех, кто желает создать свой собственный аппарат, автор на протяжении всей работы давал пояснения, которые помогут в конструировании определенных деталей, специально приспособленных для этих экспериментов. Для тех, у кого есть книга автора "Как два мальчика сделали свой электрический аппарат", на нее постоянно ссылаются как на "Книгу по приборам", поскольку в ней содержатся полные сведения о создании почти всех видов простых устройств, необходимых для "Изучения элементарного электричества и магнетизма экспериментальным путем".

ТОМАС М. СЕНТ-ДЖОН.

Нью-Йорк, апрель 1900 года.

Изучение элементарного электричества и
магнетизма экспериментальным путем

Часть I—Магнетизм

Часть II—Статическое электричество

Часть III—Электрический ток

Изучение элементарного электричества и магнетизма экспериментальным путем.

Содержание.

ЧАСТЬ I.—Магнетизм.

Страница.

ГЛАВА I. Чугун и сталь

3

Введение.—Виды чугуна и стали.—[Пример 1](#), Для изучения стали.—Обсуждение.—[Пример 2](#), Чтобы выяснить, можно ли сделать кусок твердой стали мягче.—Отжиг.—[Пример 3](#), Чтобы определить, можно ли закалить кусок отожженной стали.—Упрочнение; Отпуск.—[Пример 4](#), Для проверки упрочняющих свойств мягкого железа.—Обсуждение.

ГЛАВА II. Магниты

7

видов магнитов.—[Пример 5](#), Для изучения подковообразного магнита.—Полюса; Экватор.—[Пример 6](#), Чтобы выяснить природу веществ, притягиваемых магнитом.—Магнитные тела; Диамагнитные тела.—Практическое применение магнитов.—[Пример 7](#), Для изучения действия магнетизма на различные вещества.—Магнитная прозрачность; Магнитные экраны.—[Пример 8](#), Чтобы определить, может ли магнит придать намагниченность куску стали.—Обсуждение; Стержневые магниты.—[Пример 9](#), Для изготовления небольших магнитов.—[Пример 10](#), Чтобы определить, имеет ли тенденцию свободно вращающийся стержневой магнит указывать в каком-либо определенном направлении.—Полюса, направленные на Север; Полюса, направленные на Юг; Указывающая сила.—Магнитная стрелка; Компас.—[Пример 11](#), Для изучения действия магнитов друг на друга.—[Пример 12](#), Для изучения действия магнита на мягкое железо.—Законы притяжения и отталкивания.—[Пример 13](#), Чтобы узнать, как изготовить желаемый шест на заданном конце куска стали.—Правило для шестов.—Наш Компас.—Обзор; Магнитные проблемы.—[Пример 14](#), Чтобы выяснить, можно ли поменять местами полюса магнита.—Обсуждение; Смена полюсов.—[Пример 15](#), Чтобы выяснить, можем ли мы сделать магнит с двумя N полюсами.—[Пример 16](#), Для изучения стержневого магнита с двумя N полюсами.—Обсуждение; Последующие полюса.—[Пример 17](#), Для изучения последующих полюсов. [Пример 18](#), Для изучения теории магнетизма.—Теория магнетизма; Магнитное насыщение.—[Пример 19](#), Чтобы определить, будет ли мягкое железо постоянно сохранять магнетизм.—Удерживающая способность или коэрцитивная сила; Остаточный магнетизм.—[Пример 20](#), Чтобы проверить удерживающую способность мягкой стали.—Обсуждение.—[Пример 21](#), Чтобы проверить удерживающую способность твердой стали.—[Пример 22](#), Чтобы проверить воздействие тепла на магнит.—Обсуждение.—[Пример 23](#), Чтобы проверить эффект разрушения магнит.—Обсуждение.

ГЛАВА III. Индуцированный магнетизм

20

[Пример 24](#), Чтобы выяснить, можем ли мы намагнитить кусок железа, не прикасаясь к нему магнитом.—Временный магнетизм; Индуцированный магнетизм.—[Пример 25](#), Чтобы выяснить, может ли кусок стали быть постоянно намагничен индукцией.—[Пример 26](#), Для изучения индуктивного действия магнита на кусок мягкого железа.—Поляризация; Полюсные наконечники.—[Примеры 27-30](#), Для изучения

полюсных наконечников.

ГЛАВА IV. Магнитное поле

23

Примера. 31, Для изучения пространства вокруг магнита, в котором куски железа становятся временными магнитами за счет индукции.—Обсуждение; Магнитное поле.—**Пример 32**, Для изучения магнитного поля стержневого магнита.—Магнитные фигуры; Силовые линии магнитного поля.—**Примеры 33-37**, Для изучения магнитных полей различных комбинаций стержневых магнитов.—**Примеры 38-39**, Для изучения подъемной силы комбинаций стержневых магнитов.—Обсуждение; Составные магниты.—**Примеры 40-42**, Для изучения магнитного поля подковообразного магнита.—Обсуждение; Сопротивление силовым линиям.—**Пример 43**, Чтобы показать, что силовые линии проходят по всем сторонам магнита.—Обсуждение.—**Пример 44**, Для изучения подковообразного магнита с подвижными полюсами.—Обсуждение; Преимущества подковообразных магнитов.

ГЛАВА V. Земной магнетизм

31

Магнетизм Земли.—Склонение.—**Пример 45**, Для изучения силовых линий над и под стержневым магнитом, расположенным горизонтально.—Наклон магнитной стрелки.—**Пример 46**, Для изучения наклона магнитной стрелки из—за действия земли.—Обсуждение; Балансировка магнитных стрелок.—**Примеры 47-48**, Для изучения индуктивного влияния земли.—Обсуждение.—Природные магниты.—**Пример 49**, Для проверки эффекта скручивания проволоки, удерживаемой с севера на юг в магнитном поле земли.—**Пример 50**, Для проверки магнетизма в слитках железа, инструментах и т.д.

ЧАСТЬ II.—Статическое электричество.

ГЛАВА VI. Электрификация

39

Некоторые разновидности электричества.—**Опыт 51-52**, Для изучения электрификации трением.—Обсуждение.—Наэлектризованные и нейтральные тела.—Сила; Сопротивление; Работа; Потенциальная энергия; Электрификация.—Тепло и электрификация.—**Примеры 53-54**, Для изучения электрического притяжения.—Обсуждение.—**Пример 55**, Для изучения взаимного влечения.—Взаимное влечение.—**Примеры. 56-58**, Для изучения электрических отталкиваний.—Углеродный электроскоп.—Обсуждение экспериментов 56, 57, 58.—**Пример 59**, Для изучения электризации стекла.—Вопросы.—**Пример 60**, Для сравнения электризации, производимой эбонитом и фланелью, с электризацией, производимой стеклом и шелком.—Обсуждение.Законы.

ГЛАВА VII. Изоляторы и проводники

47

Примеры 61-63, Для изучения изоляторов.—Проводники.—**Пример 64**, Для изучения проводимости.—Обсуждение.—**Пример 65**, Для изучения проводимости.—Телеграфная линия, использующая статическое электричество.—Обсуждение.—Соотношение между проводниками и изоляторами.—Электрика и неэлектричество.—**Пример 66**, Для изучения влияния влаги на изолятор.—Обсуждение.—**Пример 67**, Для проверки воздействия влаги на наэлектризованные тела.

ГЛАВА VIII. Зарядные и разрядные проводники

52

Электрофорус.—Пример 68, Чтобы научиться пользоваться электрофорусом.—Пример 69, Для изучения "зарядки по проводимости".—Пример 70, Для изучения потенциала; Электродвижущая сила.—Давление; Потенциал; Электродвижущая сила; Ток, Искра.—Теории электрификации.—Пример 71, Для изучения некоторых методов разряда наэлектризованного тела.—Разрывные, проводящие и конвективные разряды.—Пример 72, Для изучения прерывистых или поэтапных разрядов.—Обсуждение.—Пример 73, Для определения местоположения заряда на наэлектризованном проводнике.—Обсуждение.—Полые и сплошные проводники.—Пример 74, Для изучения влияния точек на заряженный проводник.—Электрическая плотность.—Электрический ветер.

ГЛАВА IX. Индуцированная электрификация

60

Электрические поля; Силовые линии.—Пример 75, Для изучения электрической индукции.—Электрическая поляризация; Теория индукции.—Пример 76, Чтобы узнать, как заряжать тело индукцией.—Свободная и связанная электризация.—Пример 77, Чтобы показать, что нейтральное тело поляризуется до того, как оно притянется заряженным.—Поляризация предшествует притяжению.—Пример 78, Чтобы определить, будет ли электрическая индукция действовать через изолятор.—Диэлектрики.—Пример 79, Чтобы определить, может ли поляризованный проводник индуктивно воздействовать на другой проводник.—Последовательная индукция.—Индуктивная емкость.—Опыт 80, Для изучения действия электрофоруса.—Обсуждение.—Детали действия.—Пример 81, Чтобы увидеть, услышать и прочувствовать результаты индуктивного воздействия и поляризации.—Обсуждение.

ГЛАВА X. Конденсация электрификации

68

Пример 82, Чтобы определить, будет ли большая поверхность удерживать больше электрификации, чем маленькая.—Электрическая емкость.—Пример 83, Чтобы определить, можно ли увеличить емкость данного проводника без увеличения его размера.—Конденсация; Конденсаторы.—Лейденская банка.—Сверкающие стекла.—Конденсаторы с индукционными катушками.—Подводные кабели.—Пример 84, Для изучения конденсации при электрификации.—Обсуждение.—Пример 85, Для изучения действия конденсатора.—Обсуждение.—Пример 86, Для изучения влияния электрических разрядов на организм человека.—Удары; Разрядники.—Примеры 87-88, Чтобы показать сильное притяжение между противоположными электризациями в конденсаторе.—Обсуждение.—Пример 89, Чтобы показать, как конденсатор может медленно разряжаться.—Электрический перезвон.—Пример 90, Чтобы определить местоположение заряда в конденсаторе.—Обсуждение.—Пример 91, Чтобы определить, остается ли какая-либо наэлектризованность в конденсаторе после его разрядки.—Остаточный заряд.—Пример 92, Для изучения последовательной конденсации; каскад перезвонов.—Обсуждение.

ГЛАВА XI. Электроскопы

77

Электроскопы.—Наш листовой электроскоп.—Опыт 93, Для изучения листового электроскопа; зарядка проводимостью.—Обсуждение.—Опыт 95, Чтобы узнать о некоторых способах использования электроскопа.—Обсуждение.—Плоскость доказательства.

ГЛАВА XII. Разные эксперименты

81

Пример 96, Чтобы показать, что трение всегда вызывает два вида электризации.—

Обсуждение.—Пример 97, Чтобы показать "последовательные искры".—Пример 98, Чтобы показать глазу сильное притяжение между заряженным и нейтральным телом.—Пример 99, Чтобы почувствовать сильное притяжение между заряженным и нейтральным телом.—Пример 100, человеческое тело - электрическая машина трения.—Статические электрические машины.

ГЛАВА XIII. Атмосферное электричество

84

Атмосферное электричество.—Молния.—Гром.—Громоотводы.—Причины атмосферного электричества.—Огонь Святого Эльма.—Северное сияние.

ЧАСТЬ III.—Современное электричество.

ГЛАВА XIV. Конструкция и использование прибора

89

Эксп. 101 Для изучения воздействия электрического тока на магнитную стрелку.—Электрические соединения.—Детекторы тока.—Пример 102, Для изучения конструкции и использования простого "ключа".—Пример 103, Для изучения конструкции и использования простого "преобразователя тока".—Пример 104, Для изучения простого детектора тока.—Пример 105, для изучения конструкции и использования простого гальваноскопа.—Обсуждение; Истинные показания.—Пример 106, Для изучения конструкции и использования простой аstaticеской иглы.—Астатические иглы.—Пример 107, Для изучения конструкции и использования простого аstaticеского гальваноскопа.—Астатические гальваноскопы.

ГЛАВА XV. Гальванические элементы и батареи

102

Пример 108, Для изучения влияния разбавленной серной кислоты на углерод и различные металлы.—Для амальгамирования.—Разбавленная серная кислота.—Обсуждение.—Пример 109, Для изучения влияния разбавленной серной кислоты на различные комбинации металлов.—Обсуждение.—Пример 110, Для изучения конструкции простого электрического или гальванического элемента.—Электрический ток.—Источник электрификации.—Электрическая цепь; Разомкнутые и замкнутые цепи.—Пластины или элементы.—Направление тока.—Полюса или электроды.—Химическое действие в простом гальваническом элементе.—Действие в элементе с использованием нечистого цинка; Действие с использованием чистого цинка.—Пример 111, Чтобы увидеть, что подразумевается под "локальными токами" в элементе.—Локальное действие; Локальные токи.—Причины объединения цинковых пластин.—Пример 112, Для изучения гальванического элемента с "одной жидкостью".—Простая ячейка.—Поляризация ячеек.—Эффекты поляризации.—Средства для устранения поляризации; Деполяризаторы.—Пример 113, Для изучения "двухжидкостного" гальванического элемента.—Настройка двухжидкостного элемента.—Уход за двухжидкостным элементом.—Раствор сульфата меди.—Химическое действие в двухжидкостном элементе.—Различные гальванические элементы; Элементы с открытым и замкнутым контуром.—Элемент Лекланше-Сухие элементы.—Элемент на основе бихромата калия.—Ячейка Даниэля.—Гравитационная ячейка.

ГЛАВА XVI. Электрическая цепь

115

Пример 114, Чтобы увидеть, что подразумевается под "разделенными цепями" и "шунтами".—Разделенные цепи; Шунты.—Пример 115, Чтобы увидеть, что подразумевается под "короткими замыканиями".

ГЛАВА XVII. Электродвижущая сила

117

Электродвижущая сила.—Единица измерения Э.М.Ф.; Вольт.—Пример 116, Чтобы увидеть, зависит ли Э.М.Ф. элемента от материалов, используемых в его конструкции.—Обсуждение.—Электродвижущий ряд.—Пример 117, Чтобы увидеть, зависит ли электромагнитное поле элемента от его размера.—Обсуждение.

ГЛАВА XVIII. Электрическое сопротивление

120

сопротивлений.—Пример 118, Для изучения общего влияния "сопротивления" на ток.—Внешнее сопротивление; Внутреннее сопротивление; Единица сопротивления; Ом.—Катушки сопротивления; Блоки сопротивления.—Простая катушка сопротивления.—Пример 119, Для проверки способности различных веществ проводить гальваническое электричество.—Проводники и непроводники.—Пример 120, Чтобы определить влияние серной кислоты на проводимость воды.—Внутреннее сопротивление.—Пример 121, Чтобы определить, какое влияние длина провода оказывает на его электрическое сопротивление.—Обсуждение.—Пример 122, Чтобы определить, какое влияние размер (площадь поперечного сечения) провода оказывает на его электрическое сопротивление.—Обсуждение.—Пример 123, Чтобы сравнить сопротивление разделенной цепи с сопротивлением одной из ее ветвей. Обсуждение.—Пример 124, Для изучения эффекта уменьшения сопротивления в одной ветви разделенной цепи.—Ток в разделенных цепях.

ГЛАВА XIX. Измерение сопротивления

130

Эксп. 125 Для изучения конструкции и использования простого моста Уитстоуна.— Простой Мост.—Точки эквипотенциала.—Пример.—Пример 126, Для измерения сопротивления провода с помощью моста Уитстоуна; "мостовой метод".—Припуски на соединения.—Примеры 127-137, Для измерения сопротивлений различных проводов, катушек и т.д. "мостовым методом".—Таблица.—Пример 138, Для изучения влияния нагрева на сопротивление металлов.—Влияние тепла на сопротивление.—Пример 139, Для измерения сопротивления провода "методом замещения".—Простой реостат.—Пример 140, Для измерения электромагнитного поля элемента путем сравнения с двухжидкостным элементом.—Пример 141, Для измерения внутреннего сопротивления элемента "методом противопоставления".

ГЛАВА XX. Сила тока

142

Сила тока.—Единица измерения силы тока; Ампер.—Измерение силы тока.—Касательный гальванометр.—Амперметр.—Вольтметр.—Единица измерения; Кулон. — Электрическая лошадиная сила; Ватт.—Закон Ома.—Внутреннее сопротивление и сила тока.—Пример 142, Имея ячейку с большими пластинами, чтобы определить, как изменение положения пластин влияет на силу тока при малом внешнем сопротивлении.—Пример 143, такой же, как Пример 142, но с маленькими пластинами.—Пример 144, Чтобы определить, изменяются ли изменения силы тока из—за изменений положения пластин. что касается внутреннего сопротивления, то они так же велики, когда внешнее сопротивление велико, как и когда внешнее сопротивление мало.—Обсуждение с примерами.—Расположение ячеек и сила тока.—Ячейки расположены последовательно.—Ячейки в ряд.—Пример 145,

Чтобы найти наилучший способ соединения двух похожих ячеек при малом внешнем сопротивлении.—[Пример 146](#), Чтобы найти наилучший способ соединения двух похожих ячеек при большом внешнем сопротивлении.—Наилучшее расположение ячеек.

ГЛАВА XXI. Химическое действие электрического тока

151

Химическое действие и электричество.—Электролиз.—[Пример 147](#), Для изучения электролиза воды.—Состав воды.—Электродвижущая сила поляризации.—[Пример 148](#), Для покрытия железа медью.—[Пример 149](#), Для изучения электролиза раствора сульфата меди.—Гальванопокрытие.—[Опыт. 150](#), Для изучения химии гальванопокрытия.—Обсуждение.—Электротипирование.—Вольтметры.—[Пример 151](#), Для изучения конструкции и действия простой "накопительной" ячейки.—Вторичные или аккумуляторные ячейки.

ГЛАВА XXII. Электромагнетизм

158

Электромагнетизм.—[Пример 152](#), Для изучения силовых линий вокруг прямого провода, по которому течет ток.—Правило Ампера.—Силовые линии вокруг параллельных проводов.—[Пример 153](#), Для изучения силовых линий вокруг катушки с проволокой, подобной той, что изображена на гальваноскопе.—[Пример 154](#), Для изучения магнитного поля вокруг небольшой катушки с проволокой.—Катушки.—Полярность катушек.—[Пример 155](#), Для проверки притягивающей и "всасывающей" силы намагниченной катушки или спирали.—[Пример 156](#), Чтобы определить, может ли кусок стали постоянно намагничиваться электрическим током.—[Пример 157](#), Для изучения эффекта куска железа, помещенного внутрь намагниченной катушки из проволоки.

ГЛАВА XXIII. Электромагниты

165

Электромагниты.—Сердечники электромагнитов.—[Примеры 158-163](#), Для изучения прямых электромагнитов; Подъемная сила; Остаточный магнетизм сердечника; Магнитный тик; Магнитные показатели; Магнитное поле.—Подковообразные электромагниты.—Использование хомута.—Экспериментальные магниты.—Метод соединения катушек.—[Примеры 164-173](#), Для изучения подковообразных электромагнитов; Для проверки полюсов; Для изучения индуктивного действия одного сердечника на другой; Магнитные фигуры; Постоянные магнитные фигуры; Подъемная сила; Остаточный магнетизм при замыкании магнитной цепи.—Замкнутые магнитные цепи.

ГЛАВА XXIV. Термоэлектричество

175

[Пример 174](#), Чтобы определить, может ли электричество вырабатываться теплом.—Самодельный термоэлемент.—Термоэлектричество.—Эффект Пельтье.—Термоэлементы.

ГЛАВА XXV. Наведенные токи

178

Электромагнитная индукция.—[Пример 175](#), Чтобы определить, можно ли генерировать ток с помощью стержневого магнита и полой катушки из проволоки.—Обсуждение.—Индукцированные токи и работа.—[Пример 176](#), Чтобы определить, можно ли генерировать ток с помощью стержневого магнита и катушки проволоки с железным сердечником.—[Пример 177](#), Чтобы определить, можно ли генерировать ток с помощью подковообразного магнита и катушки проволоки с железным сердечником.—Индукцированные токи и силовые линии.—[Пример 178](#), Чтобы определить, можно ли генерировать ток с помощью электромагнита и полой катушки из проволоки.—[Пример 179](#), Чтобы определить, можно

ли генерировать ток с помощью электромагнита и катушки из проволоки с железным сердечником.—Обсуждение [примеров 178–179](#).—[Пример 180](#), Для изучения эффекта запуска или остановки тока вблизи катушки из проволоки или другой замкнутой цепи.—[Пример 181](#), Для изучения эффекта запуска или остановки тока в катушке, помещенной внутри другой катушки.—Обсуждение [примеров. 180–181](#).—Направление наведенного тока.—Законы индукции.—Первичный и вторичный токи.—[Пример 182](#), Чтобы увидеть, что подразумевается под переменными токами.—Постоянный и переменный токи.—Самоиндукция; Дополнительные токи.

ГЛАВА XXVI. Создание движения токами

187

Токи и движение.—[Пример 183](#), Движение, производимое с помощью полой катушки и куска железа.—[Пример 184](#), Движение с помощью полой катушки и стержневого магнита.—[Пример 185](#), Движение с помощью электромагнита и куска железа.—[Пример 186](#), движение с помощью электромагнита и стержневого магнита.—[Пример 187](#), движение с помощью электромагнита и подковообразного магнита.—[Пример 188](#), Движение с помощью двух электромагнитов.—Обсуждение [примеров 183-188](#).—[Пример 189](#), Вращательное движение с помощью полой катушки проволоки и постоянного магнита.—[Пример 190](#), Вращательное движение с помощью электромагнита и постоянного магнита.—Обсуждение [Примеры 189–190](#).

,,

ГЛАВА XXVII. Применение электричества

192

На что способно электричество.—[Пример 191](#), Для изучения действия простого телеграфного эхолота.—Обсуждение.—Телеграфная линия; Соединения.—Эксплуатация линии.—[Пример 192](#), Для изучения действия "реле" на телеграфных линиях.—Реле.—[Пример 193](#), Для изучения действия двухполюсного телеграфного прибора.—[Пример 194](#), Для изучения действия простого "телеграфного прибора с одной иглой".—[Пример 195](#), Для изучения действия простого автоматического контактного выключателя или прерывателя тока.—Автоматические прерыватели тока.—[Пример 196](#), Для изучения действия простого электрического звонка или "зуммера".—Электрические звонки и зуммеры.—[Пример 197](#), Для изучения действия простого телеграфного "самописца".—[Пример 198](#), Для изучения действия простого "извещателя".—Обсуждение.—[Пример 199](#), Для изучения шокирующих эффектов "дополнительного тока". Индукционные катушки.—Действие индукционных катушек.—Трансформаторы.—Динамо-машина.—Электродвигатель.—[Опыт 200](#), Для изучения действия телефона.—Телефон.—Звонок, или магнитотрансмиттер.—Приемник.—Углеродный передатчик.—Индукционные катушки в работе телефона.—Электрическое освещение и обогрев.—Дуговые лампы.—Лампа накаливания.

ГЛАВА XXVIII. Проволочные столы

208

СПИСОК ОБОРУДОВАНИЯ

210

УКАЗАТЕЛЬ

215

МАГНЕТИЗМ

Несколько советов молодым студентам.

Обязательно сделайте хотя бы часть своего собственного устройства; самодельные устройства приносят огромное удовлетворение.

Не экспериментируйте во всех частях дома, если работаете дома. Обустройте небольшую комнату под свою берлогу и носите с собой ключ.

Не начинайте эксперимент до того, как вы действительно поймете, что пытаетесь сделать. Внимательно прочитайте инструкции, затем начинайте.

Не торопитесь с проведением эксперимента, чтобы посмотреть, что произойдет в конце. Смотрите, что происходит на каждом этапе, и замечайте каждую мелочь, которая кажется необычной.

Не пытайтесь выполнять все части эксперимента одновременно. Поймите одну часть, затем продолжайте.

Не забудьте задать себе вопросы и составить мнение о результатах эксперимента, прежде чем читать, что об этом говорит автор.

Не забывайте вести записную книжку. Сохраняйте все данные и арифметические работы для использования в будущем.

Не оставляйте аппарат без присмотра после окончания рабочего дня.

ЧАСТЬ I.—МАГНЕТИЗМ.

ГЛАВА I.

ЖЕЛЕЗО И СТАЛЬ.

1. Введение. Для начала нам следует кое-что знать о чугунах и сталях, потому что нам предстоит использовать их практически в каждом эксперименте. Успех некоторых экспериментов будет во многом зависеть от качества используемого чугуна и стали.

Когда мы покупаем кусок железа у кузнеца, мы получаем за свои деньги нечто большее, чем просто железо. В этом железе скрыты другие вещества (углерод, фосфор, кремний и т.д.), которые химики называют "примесями". Однако, если бы из железа были удалены все примеси, у нас не осталось бы ничего, кроме порошка; химик назвал бы это "химически чистым железом", но для кузнеца или механика это не имело бы никакой ценности. Примеси в железе и стали - это как раз то, что необходимо для удержания частиц железа вместе и придания им ценности.

Регулируя количество углерода, фосфора и т.д., производители могут производить чугун или сталь различных марок и качеств.

Когда углерод соединяется с *чистым* железом, мы получаем то, что обычно называют железом.

2. Виды чугуна и стали. Чугун является наиболее загрязненным видом железа. Плиты, большие чайники, утюги и т.д. изготавливаются из чугуна. *Кованое железо* является[4] самой чистой формой коммерческого железа. Обычно он выпускается в виде брусков или прутьев. Кузнецы выковывают из них формы для использования в повозках, механизмах и т.д. *Сталь* содержит больше углерода, чем кованое железо, и меньше, чем чугун.

Мягкая сталь по внешнему виду очень похожа на кованое железо, и используется она как кованое железо.

Твердая сталь содержит больше углерода, чем мягкая сталь. Из нее изготавливаются инструменты, иглы и т.д.

ЭКСПЕРИМЕНТ 1. Изучить сталь.

Устройство. Стальная швейная игла (№ 1). [A]

[A] Каждое устройство, используемое в следующих экспериментах, имеет номер. Подробнее смотрите "Список устройств" в конце этой книги. Номера, указанные в разделе "Оборудование" для каждого эксперимента, относятся к этому списку.

3. Указания. (A) согните швейную иглу, пока она не сломается. Сталь хрупкая?

(B) Если у вас есть напильник, проверьте твердость иглы.

4. Обсуждение. "Игольчатая сталь" обычно хорошего качества. Она будет очень полезна во многих экспериментах. Вы знаете, как сделать иглу мягче?

ЭКСПЕРИМЕНТ 2. Чтобы выяснить, можно ли сделать кусок твердой стали мягче.

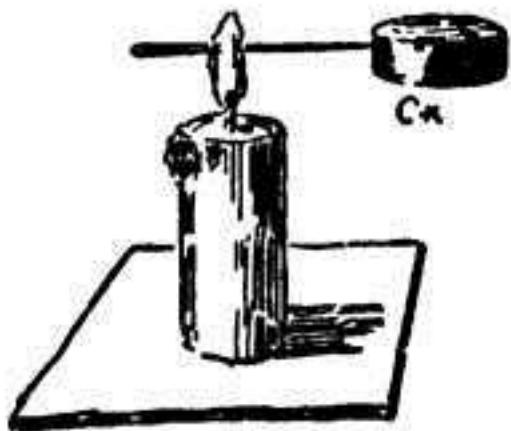


Рис. 1.

Устройство. Рис. 1. Иголка; пробка, Ск (№ 2); зажженная свеча (№ 3). Нижнюю часть свечи следует разогреть и приклеить к картонной основе.

5. Указания. (А) Воткните острие иглы в Ск, [рис. 1](#), затем поддержите иглу над пламенем, пока она не раскалится докрасна. (Верхняя часть пламени самая горячая.)

(В) Дайте игле остыть на воздухе.

(С) Проверьте хрупкость стали, согнув ее. Проверьте его твердость напильником ([Пример 1](#)).

6. Отжиг. Этот процесс размягчения стали путем ее первого нагрева, а затем медленного остывания называется *отжигом*. Все куски железа и стали, конечно, твердые; но вы уже поняли, что некоторые куски намного тверже других.

ЭКСПЕРИМЕНТ 3. Чтобы выяснить, можно ли закалить кусок отожженной стали.

Аппарат. Только что отожженная и согнутая игла; пробка и т.д. из [опыта 2](#); стакан холодной воды.

7. Указания. (А) Нагрейте изогнутую часть иглы в пламени свечи ([Пример 2](#)), пока она не раскалится докрасна, затем немедленно опустите иглу в воду.

(В) Проверьте его на хрупкость и твердость, как в [примере 2](#).

8. Закалка; Отпуск. Хорошая сталь - очень ценный материал; одну и ту же деталь можно сделать твердой или мягкой по желанию. При резком охлаждении сталь становится очень твердой. Этот процесс называется *закалкой*, но он делает сталь слишком хрупкой для многих целей. Под *отпуском* подразумевается "опускание" стали из очень твердого состояния до любой желаемой степени твердости. Это может быть достигнуто путем внезапного охлаждения стали при достижении нужной температуры, поскольку она недостаточно нагрета для придания ей чрезвычайной твердости. (Приблизительную температуру горячей стали можно определить по цветам, образующимся на чистой поверхности. Это происходит из-за оксидов, которые образуются при постепенном повышении температуры стали.)

ЭКСПЕРИМЕНТ 4. Для проверки упрочняющих свойств мягкого железа.

Аппарат. Кусок мягкой железной проволоки длиной около 3 дюймов (7,5 см) (№ 4); свеча, вода и т.д. Из [опыта 3](#).

9. Указания. (А) Проверьте проволоку путем сгибания и опиливания.

(Б) нагрейте проволоку в пламени свечи так же, как вы нагревали иглу ([рис. 1](#)), затем резко охладите ее водой. Изучите результаты.

10. Обсуждение. Мягкое железо содержит гораздо меньше углерода, чем сталь. Качество закалки, которым обладает сталь, обусловлено надлежащим содержанием в ней углерода. Если вы провели эксперименты до сих пор, то сможете гораздо лучше понять последующие и поймете, почему мы вынуждены использовать мягкое железо для одних частей электрического оборудования и твердую сталь для других.

ГЛАВА II. МАГНИТЫ.

11. Виды магнитов. Среди разновидностей магнитов, которые мы обсудим, есть естественные, искусственные, временные, постоянные, стержневые, подковообразные, составные и электромагнит.

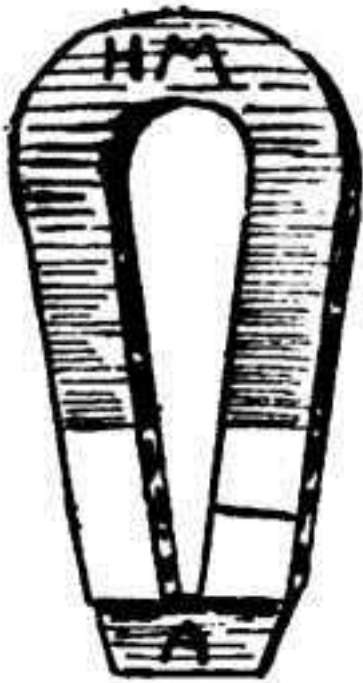


Рис. 2.

Подковообразный магнит, Нм (рис. 2), является наиболее популярной формой небольших магнитов. Красная краска не имеет ничего общего с магнетизмом. Деталь А называется его *якорем* и сделана из мягкого железа, в то время как сам магнит должен быть изготовлен из лучшей стали, должным образом закаленной. Якорь всегда должен быть на месте, когда магнит не используется, и следует позаботиться о тщательной очистке концов магнита перед заменой якоря. Подковообразный магнит является *искусственным*, и его называют *постоянным* магнитом, потому что при надлежащем уходе он сохраняет свою силу в течение длительного времени.

ЭКСПЕРИМЕНТ 5. Изучить подковообразный магнит.

Устройство. Рис. 2. Подковообразный магнит, Н М (№ 16).

12. Указания. (А) Снимите якорь А с магнита, затем переместите А на Нм, чтобы увидеть (1), имеет ли изогнутая часть Нм какое-либо притяжение для А, и (2) чтобы увидеть, есть ли какое-либо притяжение для А в точках между кривой и крайними концами Нм.

13. Полюса; Экватор. Концы магнита называются его *полюсами*. Конец, отмеченный линией или буквой N, должен быть *северным* полюсом. Конец без опознавательных знаков - это *южный* полюс. N и S - сокращения для обозначения севера и юга. Центральная часть, в которой *кажется*, что магнетизма нет, называется *нейтральной точкой* или *экватором*.

ЭКСПЕРИМЕНТ 6. Выяснить природу веществ, притягиваемых магнитом.

Аппарат. Подковообразный магнит, Н М (рис. 2); серебряные, медные и никелевые монеты; железные опилки (№ 17), гвозди, гвоздики, булавки, иглы; кусочки латуни, свинца, меди, олова и т.д. (Обычная жесть на самом деле представляет собой листовое железо, покрытое оловом.) Используйте различные аккумуляторные пластины для разных металлов.

14. Указания. (А) Попробуйте действие Нм на вышеупомянутые вещества и на любые другие вещества, о которых вы подумали.

15. Магнитные тела; Диамagnetные тела. Вещества, которые притягиваются магнитом, называются *магнитными*. Кусок мягкой железной проволоки является магнитным, хотя и не является магнитом. Очень сильные магниты показывают, что никель, кислород и некоторые другие вещества, не содержащие железа, также являются магнитными. Некоторые элементы на самом деле отталкиваются мощным магнитом; они называются *диамagnetными* телами. Считается, что магнит в той или иной степени воздействует на все тела.

16. Практическое применение магнитов. Магниты находят много практических применений, таких как автоматическое извлечение мелких кусочков железа из зерна перед его измельчением в муку, отделение железа от других металлов и т.д. Наиболее важные области применения магнитов - в компасе и в связи с электрическим током, а также в таких машинах, как динамо-машины и моторы. (См. Эксперименты с электромагнитами.)

ЭКСПЕРИМЕНТ 7. Изучить действие магнетизма через различные вещества.

Аппарат. Подковообразный магнит, Н М; лист жесткой бумаги; кусочки листового стекла, железа, цинка, меди, свинца, тонкого дерева и т.д.; швейная игла. (Для утюга можно использовать жестяную коробку, а для других металлов - батарейные пластины.)

17. Указания. (А) Поместите иглу на бумагу и проведите ею непосредственно под ней.

(Б) Вместо бумаги используйте дерево, стекло и т.д.

(С) придумайте эксперимент, чтобы показать, что магнетизм будет действовать через вашу руку.

(D) придумайте эксперимент, чтобы показать, что магнетизм будет действовать через воду.

18. Магнитная прозрачность; Магнитные экраны. Говорят, что такие вещества, как бумага, *прозрачны* для магнетизма. Железо не позволяет магнетизму проходить через него так же легко, как бумага и стекло; фактически, толстое железо может действовать как *магнитный экран*.

ЭКСПЕРИМЕНТ 8. Выяснить, может ли магнит придать намагниченность куску стали.

19. Примечание. Вы видели, что подковообразный магнит может поднимать гвозди, железные опилки и т.д.; Вы использовали эту подъемную силу, чтобы показать, что магнит был действительно магнитом, а не просто обычным куском железа, выкрашенным в красный цвет. Можем ли мы передать часть его магнетизма другому куску стали? Можем ли мы передать магнетизм от одного куска стали к другому?

Аппарат. Подковообразный магнит, Н М; две швейные иглы, которые никогда не были рядом с магнитом; железные опилки.

20. Указания. (А) Проверьте иглы на магнетизм железными опилками и убедитесь, что они не намагничены.

(В) Снимите арматуру А с Нм, затем прикоснитесь острием одной из игл к одному полюсу Нм.

(С) Отложите Нм в сторону и проверьте кончик иглы на магнетизм.

(D) Если вы обнаружите, что игла намагничена, потрите ее острием о острие другой иглы; затем проверьте острие второй иглы на магнетизм.

21. Обсуждение; Стержневые магниты. Кусок хорошей стали притягивает железо после простого прикосновения к магниту. Однако, чтобы полностью намагнитить его, простого прикосновения недостаточно. Существует несколько способов изготовления магнитов, в зависимости от желаемого размера, формы и прочности. Для этих экспериментов студенту нужен только хороший подковообразный магнит или, что еще лучше, электромагниты, описанные ниже; с их помощью можно изготовить любое количество маленьких[10] магнитов. Прямые магниты называются *стержневыми магнитами*.

ЭКСПЕРИМЕНТ 9. Изготовить маленькие магниты.

Устройство. [Рис. 3](#). Подковообразный магнит, Н М; швейные иглы; железные опилки.

(Смотрите книгу "Устройство", стр. 140, о различных сортах стали, подходящих для изготовления небольших магнитов.)

22. Указания. (А) Держите Нм ([рис. 3](#)) в левой руке так, чтобы его полюса были расположены сверху. Возьмитесь за кончик иглы правой рукой и поместите ее острие на N или отмеченный полюс Н М.

(В) тяните иглу по направлению ее длины (см. Стрелку), продолжая движение до тех пор, пока ее головка не окажется по крайней мере в дюйме от стержня.

(С) поднимите иглу по крайней мере на дюйм выше Нм, опустите ее в прежнее положение ([рис. 3](#)) и повторите операцию 3 или 4 раза. Не водите иглой взад-вперед по стержню и будьте осторожны, чтобы она случайно не коснулась S-образного стержня Н М.

(D) Проверьте иглу на магнетизм железными опилками и сохраните ее для следующего эксперимента.

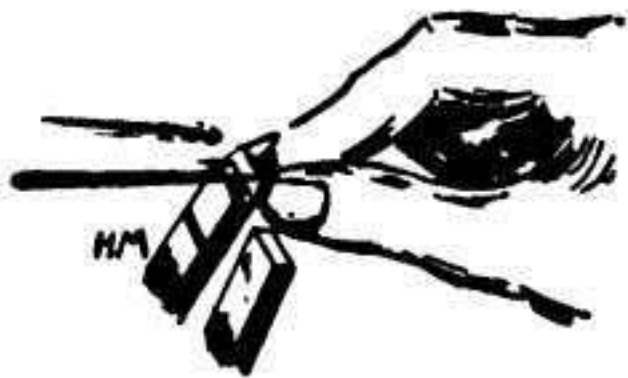


Рис. 3.



Рис. 4.

ЭКСПЕРИМЕНТ 10. Чтобы определить, стремится ли свободно вращающийся стержневой магнит указывать в каком-либо определенном направлении.

Устройство. Рис. 4. Намагниченная швейная игла (Пример 9); плоская пробка, Ск (№ 2); миска с водой. (Можно использовать стакан, но лучше тарелку большего размера.)

23. Примечание. Промасленную швейную иглу можно пускать в ход без пробки, осторожно опустив ее на поверхность воды. При проведении подобных экспериментов все магниты, куски железа и стали, ножи и т.д. следует убрать со стола. Почему?

24. Указания. (А) Поместите маленький стержневой магнит (иглу) на плавающую пробку, поворачивайте его в различных положениях и обратите внимание на результат.

25. Полюса, направленные на Север; Полюса, направленные на Юг; Указывающая сила. Следует отметить, что *точка* поворачивается на север при условии, что стрелка намагничена в соответствии с указаниями, приведенными в Примере 9. Это называется севером, или полюсом, направленным на север. N-искомый полюс иногда называют отмеченным полюсом. Для удобства далее мы будем называть N-искомый полюс N-полюсом, а S-искомый полюс S-полюсом. Далее мы будем говорить о тенденции, которую имеет стержневой магнит указывать на N и S, как о его *направляющей силе*. Немагнитная игла не обладает указательной силой.

26. Магнитная стрелка; Компас. Небольшой стержневой магнит, опирающийся на ось или подвешенный так, что он может свободно вращаться, называется *магнитной стрелкой*. Когда он балансирует на оси, имеющей под собой градуированный круг с обозначениями N, E, S, W и т.д., он называется *компасом*. Ими пользовались веками. (О самодельных магнитных иглах см. в справочнике по приборам.)

ЭКСПЕРИМЕНТ 11. Изучить действие магнитов друг на друга.

Аппарат. Две намагниченные швейные иглы (намагниченные, как в [примере 9](#)); пробка и т.д. из [примера 10](#).

27. Указания. (А) перемещайте каждый маленький стержневой магнит (иглы) отдельно, чтобы определить местоположение N полюсов.

(В) Оставьте один магнит на пробке и рукой поднесите N полюс другого магнита непосредственно к N полюсу плавающего магнита. Обратите внимание на результат.

(С) Попробуйте воздействие двух S-полюсов друг на друга.

(D) каков результат, когда N полюс одного из них приближается к S полюсу другого?

ЭКСПЕРИМЕНТ 12. Изучить действие магнита на мягкое железо.

Аппарат. Намагниченная швейная игла; пробка и т. Д., [Exp. 10](#); кусок мягкой железной проволоки длиной 3 дюйма; железные опилки.

28. Инструкции. (А) Проверьте проволоку на магнетизм с помощью опилок. Убедитесь, что он не намагничен. Если он проявляет какой-либо магнетизм, тщательно скрутите его перед использованием. ([Пример 19](#).)

(В) Пустите в ход намагниченную иглу ([Пример 10](#)), затем поднесите конец проволоки к одному полюсу иглы, а затем к другому полюсу.

(С) наденьте проволоку на пробку, возьмите иглу в руку и поэкспериментируйте.

29. Законы притяжения и отталкивания. Из экспериментов 11 и 12 выведены эти законы:

(1) Как полюса отталкиваются друг от друга; (2) Непохожие полюса притягиваются друг к другу; (3) Любой полюс притягивается и притягивается немагнитным железом или сталью.

Притяжение между магнитом и куском железа или стали является взаимным. Само по себе притяжение просто указывает на то, что по крайней мере одно из тел намагничено; отталкивание доказывает, что намагничены оба.

ЭКСПЕРИМЕНТ 13. Научиться изготавливать желаемый шест на заданном конце куска стали.

Аппарат. То же, что и в [примере 9](#).

30. Указания. (А) Намагнитьте швейную иглу ([Пример 9](#)), потирая ее о северный полюс N_m от острия к головке. Пустите его в ход и найдите его северный полюс.

(В) Возьмите другую иглу, которая не была намагничена, и потрите ею о тот же полюс (N) от головки до острия. Найдите его северный полюс.

(С) намагнитите другую иглу, потирая ее от *острия к головке* на S-полюсе Hm; найдите ее N-полюс. Можете ли вы теперь заранее определить, как будут расположены полюса игольчатого магнита?

31. Правило для шестов. Например, конец куска стали, который последним касается N-го полюса магнита, становится S-м полюсом.

32. Наш компас (№ 18). Хотя плавающая магнитная стрелка, описанная в [Примере 10](#) и показанная на [рис. 4](#), работает очень хорошо, будет удобнее[13] пользоваться компасом всякий раз, когда необходимо проверять столбы из кусков стали. На [рис. 5](#) показана только крышка коробки, которая служит основанием для прилагаемой магнитной стрелки. В дальнейшем мы будем называть это устройство *нашим компасом*, Ос (см. Книгу "Устройство", глава. VII, для различных форм самодельных магнитных игл и компасов.)

33. Обзор; Магнитные проблемы. Чтобы быть уверенным, что вы понимаете и запоминаете то, что было изучено в [Примере 11](#), выполните следующие задачи:

1. Используя S-образный полюс подковообразного магнита, намагнитите иглу так, чтобы ее головка превратилась в N-образный полюс. Тест с плавающей пробкой, как в [примере 11](#).
2. Используя N полюс подковообразного магнита, намагнитите иглу так, чтобы ее головка была S полюсом. Тест.
3. Намагнитите две иглы, одну на N-м и одну на S-м полюсах подковообразного магнита, таким образом, чтобы две точки отталкивались друг от друга. Тест.

Если студент не может решить эти небольшие задачи сразу и проверить результаты удовлетворительно для себя, ему следует еще раз изучить предыдущие эксперименты, прежде чем продолжить.

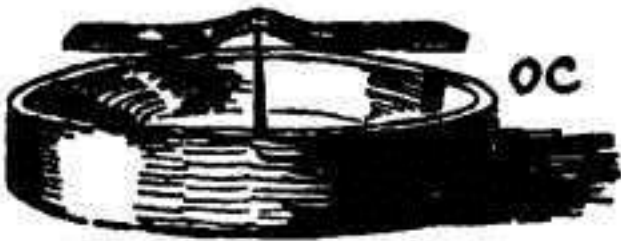


Рис. 5.

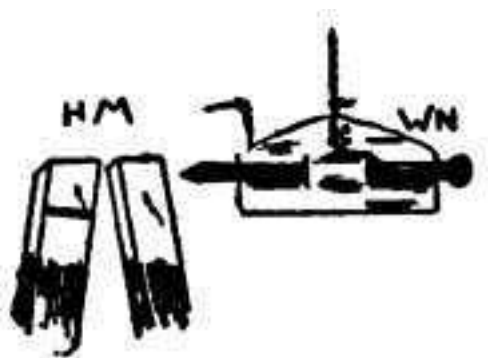


Рис. 6.

ЭКСПЕРИМЕНТ 14. Чтобы выяснить, можно ли поменять местами полюса магнита.

Аппарат. Рис. 6. Магнит в виде подковы, Hm; тонкий проволочный гвоздь Wn длиной 2 дюйма (5 см); кусок плотной бумаги, вырезанный, как показано, для крепления Wn; нитка, на которую можно подвесить бумагу; циркуль, Oc (№ 18).

34. Указания. (А) намагнитьте Wn так, чтобы его острием был S-образный полюс. Протестируйте с помощью О С, чтобы убедиться, что вы правы.

(Б) Проведите пальцем по бумаге (рис. 6), затем *медленно* приблизьте S-образный полюс Hm к его острию. Обратите внимание на результат.

(С) *Быстро* приблизьте S-образный полюс Hm к точке. Wn все еще отталкивается? Был ли его S-полюс перевернут?

35. Обсуждение; Смена полюсов. Полюса слабых магнитов можно легко поменять местами. Это часто происходит при смешивании устройств. Всегда лучше перед началом эксперимента перемагнитить куски стали, которые уже служили магнитами. То же самое можно показать, намагничивая иглу, потирая ее сначала в одном направлении, а затем в другом о магнит, проверяя в каждом случае полученные полюса.

ЭКСПЕРИМЕНТ 15. Чтобы выяснить, можем ли мы сделать магнит с двумя N полюсами.

Аппарат. Подковообразный магнит, H M; немагнитная швейная игла; компас, О С (№ 18).

36. Примечание. Вы уже узнали, что полярность слабого магнита можно менять (Пример 14). Можете ли вы придумать какой-нибудь метод, с помощью которого два N-образных полюса могут быть изготовлены из одного куска стали?

37. Указания. (А) Поместите иглу на Hm, как показано на рисунке 7.

(Б) удерживая деталь С в контакте с N полюсом Hm и используя N полюс Hm в качестве оси, поверните иглу концом вперед так, чтобы ее головка соприкасалась с S полюсом Hm.

(С) вытяните иглу прямо из Hm, стараясь не сдвинуть ее ни в ту, ни в другую сторону.

(D) Проверьте полярность концов с помощью Ос (рис. 5) и сохраните его для следующего эксперимента.

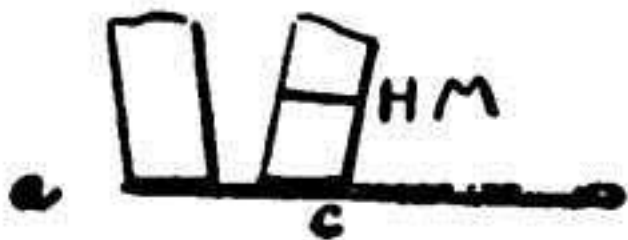


Рис. 7.



Рис. 8.

ЭКСПЕРИМЕНТ 16. Изучить стержневой магнит с двумя N полюсами.

Аппарат. Только что сделанный странный магнит (Пример 15); железные опилки; компас, Ос (№ 18).

38. Указания. (А) Насыпьте опилки по всей длине иглы, а затем поднимите ее (рис. 8).

(В) сломайте иглу в ее центре и проверьте с помощью Ос два новых конца, образовавшихся в этом месте. Помните, что отталкивание - это проверка на полярность.

39. Обсуждение; Последующие полюса. Железные опилки прилипают к магниту в том месте, где расположены полюса. В этом случае два маленьких магнита были сделаны из одного куска стали; они имели общий S-образный полюс в центре. Указывающая сила (§ 25) такого магнита очень мала; обладал бы он какой-либо указывающей силой, если бы мы могли сделать концевые полюса равной прочности? Промежуточные полюса, подобные тем, что в только что рассмотренной игле, называются *последовательными полюсами*. Последовательно расположенные полюса находят практическое применение в конструкции двигателей и динамо-машин.

ЭКСПЕРИМЕНТ 17. Изучить последующие полюса.

Аппарат. Немагнитная швейная игла; подковообразный магнит, Н М (№ 16); железные опилки (№ 17); компас (№ 18).

40. Указания. (А) Пусть w , x , y и z обозначают четыре места вдоль корпуса иглы, при этом w находится на ее острие, а z - на головке.

(Б) прикоснитесь к w N-м полюсом H_m , к x -M полюсом S , к y -M полюсом N и к z -M полюсом S . Не проводите пальцем по игле, просто *дотрагивайтесь* до иглы, как указано.

(С) Присыпьте иглу опилками, затем поднимите ее.

ЭКСПЕРИМЕНТ 18. Изучить теорию магнетизма.

Устройство. Тонкий стержневой магнит, В М (№ 21); железные опилки; лист бумаги. На рис. 9 показан просто край Вм и бумага. Вм следует намагничивать, как указано в [Примере 9](#).

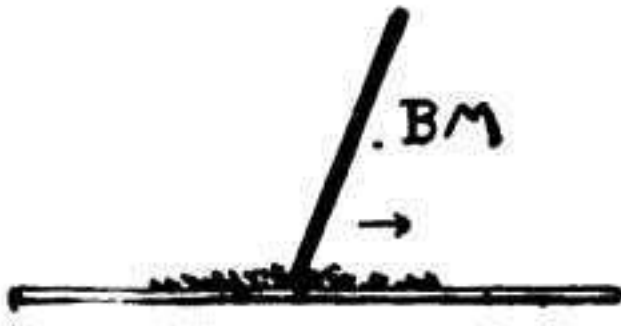


Рис. 9.

41. Указания. А) Посыпьте лист бумаги железными опилками.

(В) Соприкасайтесь один стержень Вм с опилками ([рис. 9](#)) и несколько раз слегка проведите им по ним, всегда в одном и том же направлении. Неужели заявки *просто* раздвигаются?

(С) Прodelайте то же самое с палочкой и сравните результат с результатом, полученным с помощью В М.

42. Теория магнетизма; Магнитное насыщение. Это приведение в соответствие частиц железа указывает на то, что каждая частица стала магнитом. Этот эксперимент должен помочь понять, что, как считается, происходит при намагничивании стали. Кучка опилок представляет тело, подлежащее намагничиванию, и каждая маленькая опилка обозначает частицу этого тела. Стальной стержень состоит из чрезвычайно мелких частиц, называемых *молекулами*. Они расположены очень близко друг к другу и не перемещаются с места на место так легко, как кусочки опилок. Однако магнит, при правильном трении о сталь, по-видимому, обладает способностью заставлять молекулы указывать в одном направлении. Это оказывает воздействие на весь стержень.

Предполагается, что каждая молекула стали является магнитом. Когда эти маленькие магниты притягиваются друг к другу, весь стержень становится сильным магнитом. Когда магнит сотрясается и маленькие намагниченные молекулы снова перемешиваются, они притягиваются друг к другу во всевозможных направлениях. Это уменьшает притяжение внешних тел.

Говорят, что сталь *насыщена*, когда в ней содержится как можно больше магнетизма. Кусок стали становится немного длиннее при намагничивании.

Многие считают, что вокруг каждой молекулы проходит электрический ток, превращающий ее в маленький магнит. (См. [Электромагниты](#).)

ЭКСПЕРИМЕНТ 19. Чтобы выяснить, будет ли мягкое железо постоянно сохранять магнетизм.

Устройство. Кусок мягкой железной проволоки длиной 3 или 4 дюйма (от 7,5 до 10 см) (№ 4); подковообразный магнит, Н М; железные опилки; плоская пробка, F C (№ 2) и миска с водой, использованная в примере 10 ([рис. 4](#)).

43. Указания. (А) намагнитьте провод ([Пример 9](#)). Обратите внимание, что проволока сильно цепляется за Н М.

(Б) Проверьте подъемную силу маленького проволочного магнита, посмотрев, сколько железных опилок поднимут его полюса.

(С) Проверьте силу наведения ([§ 25](#)) провода, поместив его на Fc ([рис. 4](#)).

(D) Держа один конец проволоки в руке, хорошенько встряхните ее, несколько раз ударив другим концом по твердой поверхности.

(E) Проверьте подъемную силу и направленность, как указано в пунктах В и С.

44. Удерживающая способность или коэрцитивная сила; Остаточный магнетизм.

Мягкое железо теряет *большую* часть своего магнетизма, когда его просто удаляют за пределы действия магнита. Мы говорим, что он не сохраняет магнетизм; то есть он обладает очень малой *удерживающей способностью или коэрцитивной силой*. Это важный факт, от которого зависит действие многих электрических машин и инструментов. Однако в самом мягком железе остается небольшое количество магнетизма после снятия его с магнита. Это называется *остаточным магнетизмом*. При проверке с помощью компаса на куске железа могут быть видны полюса, хотя он может практически не указывать.

ЭКСПЕРИМЕНТ 20. Для проверки прочности мягкой стали на растяжение.

Устройство. Проволочный гвоздь, Ш. Н. (№ 19); магнит в виде подковы, Н М; железные опилки; плоская пробка, F C; чаша с водой ([пример 10](#), [рис. 4](#)).

45. Указания. (А) Намагнитьте гвоздь с помощью Нм; он сделан из мягкой стали.

(В) Проверьте подъемную и направляющую силу Wn ([Пример 19](#)).

(С) Несколько раз ударьте по W N молотком, чтобы сотрясти его.

(D) Еще раз проверьте его подъемную и направляющую способность.

46. Обсуждение. Мягкая сталь обладает большей прочностью, чем мягкое железо. Она содержит меньше углерода, чем литая или инструментальная сталь, и называется мягкой сталью или машинной сталью. Вам не нужна мягкая сталь для постоянных магнитов.

ЭКСПЕРИМЕНТ 21. Для проверки прочности твердой стали.

Устройство. Швейная игла из твердой стали (№ 1); другие изделия, используемые в [примере 20](#).

47. Указания. (А) намагнитьте иглу с помощью Hm

(В) Проверьте его подъемную и направляющую способность ([Пример 19](#)).

(С) Забейте иглу и проверьте еще раз, как показано в (В).

ЭКСПЕРИМЕНТ 22. Проверить воздействие тепла на магнит.

Устройство. Намагниченная швейная игла; свеча, пробка и т.д. Из [примера 2](#). (см. [рис. 1.](#))

48. Указания. (А) Проверьте иглу на магнетизм.

(Б) Воткните иглу в пробку ([рис. 1](#)) и нагревайте ее, пока она не раскалится докрасна.

(С) Еще раз проверьте иглу на магнетизм.

(D) Посмотрите, сможете ли вы снова намагнитить иглу.

49. Обсуждение. Предполагается, что нагревание тела приводит к основательному перемешиванию его молекул. Сотрясение или скручивание магнита имеет тенденцию ослаблять его. (См. [Пример 19](#).)

Молекулы стали перемещаются и меняют свое относительное положение не так легко, как молекулы мягкого железа. Когда молекулы твердой стали однажды упорядочены, например, путем намагничивания, они сильно сопротивляются любым внешним воздействиям, которые имеют тенденцию снова перемешивать их.

Магнит не притягивает кусок раскаленного железа. Предполагается, что частицы горячего утюга вибрируют слишком быстро, чтобы их можно было выровнять; то есть утюг не может поляризоваться под действием индукции. (См. [Пример. 24.](#))

ЭКСПЕРИМЕНТ 23. Чтобы проверить эффект разрушения магнита.

Прибор. Намагниченная швейная игла; железные опилки; компас, Ос (№ 18).

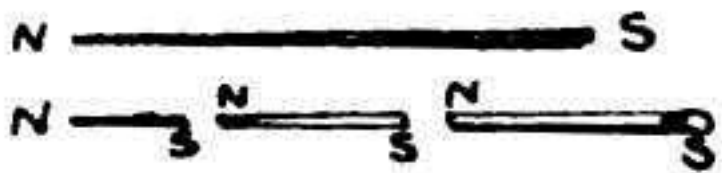


Рис. 10.

50. Указания. (А) Сломайте маленький стержневой магнит (иглу) и проверьте железными опилками два новых изготовленных конца на магнетизм. (Рис. 10).

(Б) Прикоснитесь к двум новым полюсам вместе, чтобы увидеть, похожи они или непохожи.

(С) Проверьте природу полюсов с помощью Ос (рис. 5)

(D) Разломайте одну из половинок и протестируйте ее на части.

51. Обсуждение. Приведенные выше результаты согласуются с теорией о том, что каждая молекула является магнитом (Пример 18). Независимо от того, на сколько частей разбит магнит, каждая часть становится магнитом. (Рис. 10). Это показывает, что молекулы, расположенные вблизи экватора магнита, действительно обладают магнетизмом. Однако вся их энергия расходуется на соседние молекулы; следовательно, никакие внешние тела в этой точке не притягиваются.

ГЛАВА III.

ИНДУЦИРОВАННЫЙ МАГНЕТИЗМ.

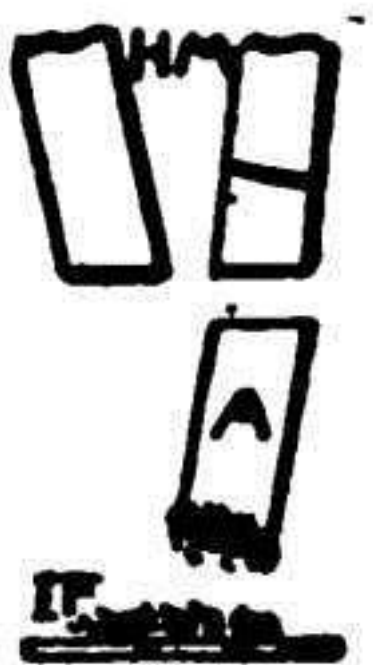


Рис. 11.

ЭКСПЕРИМЕНТ 24. Выяснить, можем ли мы намагнитить кусок железа, не прикасаясь к нему магнитом.

Устройство. Подковообразный магнит, Н М; железные опилки, I F (рис. 11).

52. Указания. (А) Держите якорь магнита в вертикальном положении (рис. 11) так, чтобы его нижний конец находился непосредственно в небольшой кучке железных опилок.

(В) Поднесите N-образный полюс Нм к верхнему концу А, но не позволяйте им касаться друг друга.

(С) Держа А и шест Нм на одинаковом расстоянии друг от друга, приподнимите их. К А прилипли какие-нибудь опилки?

(D) Не сдвигая и не дергая А, снимите с него Нм и отметьте результат на опилках.

53. Временный магнетизм; Индуцированный магнетизм. Якорь А был преобразован в магнит, даже не касаясь Н М. Однако его магнетизм был *временным*, поскольку опилки выпадали, как только *индуктивное действие* Нм было устранено. Небольшое количество остаточного магнетизма (44) осталось в А. Мягкое железо чрезвычайно ценно, потому что оно обладает очень малой способностью к удержанию (44), а также потому, что оно может быть легко *намагничено индукционным методом*. Якорь был сделан из мягкого железа. Он обладал *наведенным магнетизмом*. Это был *временный магнит*.

ЭКСПЕРИМЕНТ 25. Выяснить, может ли кусок стали быть постоянно намагничен индукцией.

Аппарат. Немагнитная швейная игла; подковообразный магнит, Н М; железные опилки; лист плотной бумаги.

54. Указания. (А) Проверьте иглу на магнетизм.

(В) Поместите немагнитную иглу на бумагу, затем переместите Нм непосредственно под ней, чтобы игла притягивалась.

(С) Еще раз проверьте иглу на наличие постоянного магнетизма.

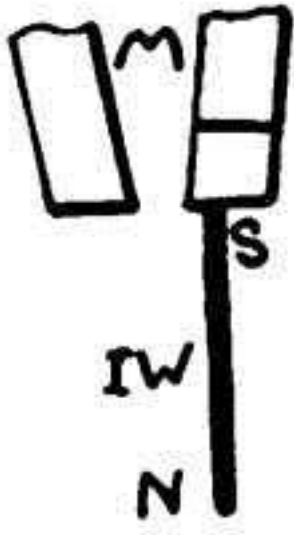


Рис. 12.

ЭКСПЕРИМЕНТ 26. Изучить индуктивное действие магнита на кусок мягкого железа.

Аппарат. Подковообразный магнит, Hm; железные опилки, If; кусок мягкой железной проволоки длиной около дюйма, Iw (рис. 12), надетый на северный полюс Hm; компас, Oc (№ 18), (§ 32).

55 Указаний. (А) Проверьте нижний конец Iw на магнетизм с помощью If.

(В) Оставив Iw на N полюсе Hm, проверьте полюс на нижнем конце Iw с помощью Oc, чтобы определить, N это или S.

(С) Банку I W (Пример 19), затем установите ее на S-образный полюс Hm и снова проверьте полярность нижнего конца.

56. Поляризация; Полюсные наконечники. Провод I W (рис. 12) подвергался индукционному воздействию (Пример 24) и вел себя как магнит. В нем были изготовлены полюса, поэтому мы говорим, что провод был *поляризован*. Куски железа, помещенные на полюса магнита, называются *полюсными наконечниками*. Следует отметить, что нижний конец провода имеет полюс, *подобный* полюсу H M, к которому он прикреплен.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 27-30. Для изучения шестовых наконечников.

Аппаратура для экспериментов 27-30. Подковообразный магнит, H M; мягкая железная проволока; железные опилки, I F.

57. Указания. (А) Подвесьте два провода, каждый длиной около дюйма (рис. 13), к одному полюсу H M. Их нижние концы притягиваются или отталкиваются друг от друга?

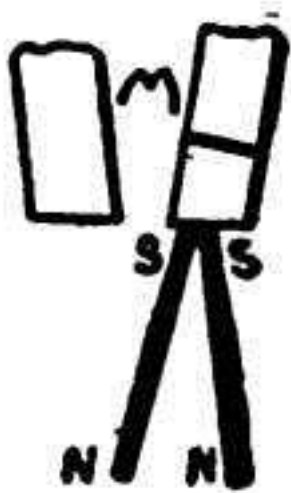


Рис. 13.

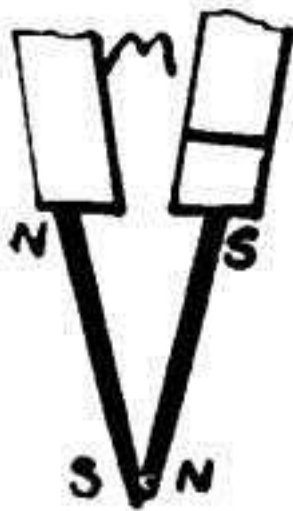


Рис. 14.

ЭКСПЕРИМЕНТ 28.

58. Указания. (А) Расположите два только что использованных провода так, чтобы один был прикреплен к N полюсу Нм, а другой - к S полюсу Нм ([рис. 14](#)).

(В) приблизьте нижние концы проводов друг к другу. Они притягиваются или отталкиваются друг от друга?

ЭКСПЕРИМЕНТ 29.

59. Указания. (А) Согните 2-дюймовую железную проволоку, как показано на [рис. 15](#), и наденьте ее на столбы Н М.

(Б) Посмотрите, будет ли его центральная часть, отмеченная крестиком, сильно притягивать опилки.

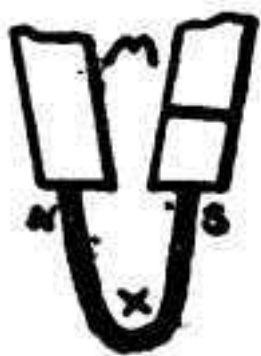


Рис. 15.

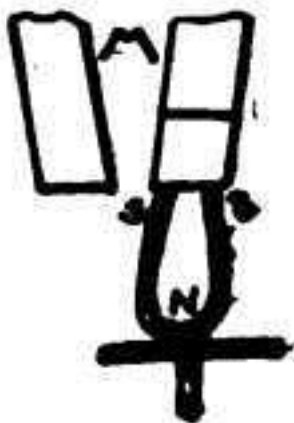


Рис. 16.

ЭКСПЕРИМЕНТ 30.

60. Указания. (А) Согните только что использованную проволоку еще немного и поместите ее концы на *один* столб Нм (рис. 16).

(Б) Посмотрите, не прилипнут ли железные опилки и мелкие проволоочки к его центральной части.

ГЛАВА IV. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ.

ЭКСПЕРИМЕНТ 31. Изучить пространство вокруг магнита, в котором куски железа за счет индукции становятся временными магнитами.

Аппарат. Стержневой магнит, Вм (№ 21); циркуль (№ 18); лист плотной бумаги площадью около 30 см, с центральной линией СL, проведенной параллельно одной из его сторон (рис. 16½), и с другой линией Еw, проведенной перпендикулярно СL (см. Книгу по приборам, глава VI., о различных способах изготовления постоянных магнитов в домашних условиях.)

61. Указания. (А) Разложите бумагу на столе и наведите циркуль на центр линии СL, проведенной ранее.

(Б) расположите ушко прямо над стрелкой компаса, затем поворачивайте бумагу до тех пор, пока линия не станет равной N и S; то есть до тех пор, пока линия не станет параллельной длине иглы. Прикрепите бумагу к столу так, чтобы она проходила по центральной линии N и S.

(С) Поместите Вм на бумагу, как показано (рис. 16½), ее северный полюс направлен на север, а центр - на поперечную линию Еw.

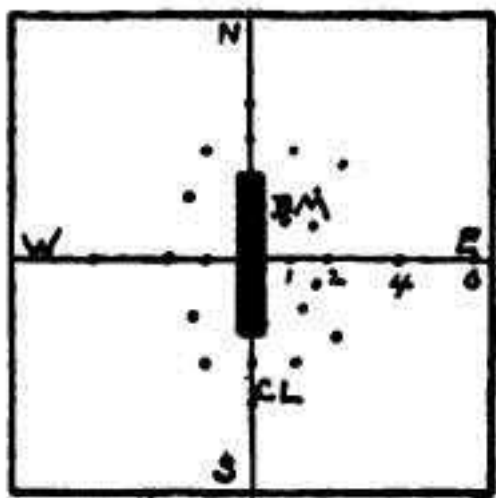


Рис. 16½.

(D) Медленно перемещайте компас полностью вокруг точки Вм и вблизи нее и отмечайте различные положения, которые принимает стрелка. Особенно обратите внимание на то, как указывает ее N-й полюс. Это делается для того, чтобы получить общее представление о действии иглы.

(Е) Установите компас в положение, обозначенное 1, которое находится на Еw, примерно в 1 дюйме от линии С L. Плотнo прижмите деревянную подставку к бумаге, чтобы по вмятине, оставленной на бумаге булавочной головкой, было видно точное место на бумаге, которое находится под центром стрелки компаса. Прежде чем убрать компас из этого положения, снова посмотрите на него сверху вниз и сделайте точки карандашом на бумаге непосредственно под каждым концом иглы. Достаньте циркуль и проведите линию через вмятину и две только что сделанные точки. Это покажет план точного положения иглы.

(F) повторите это для различных точек, отмеченных на расстоянии 2, 4, 6 дюймов от С L, всегда отмечая на плане положение N-го полюса иглы. Прodelайте то же самое с другими точками, отмеченными на рис. 16½ точками, и изучите получившуюся диаграмму.

62. Обсуждение; Магнитное поле. Стрелка компаса подверглась явному воздействию по всей окружности B_m (рис. 17), что показывает, что индукция может происходить на значительном пространстве вокруг магнита; это пространство называется *магнитным полем* магнита. Рассмотрим, например, одно положение стрелки компаса в поле B_m (рис. 17), в котором стрелка была окрашена в черный цвет. S-полюс черной иглы притягивается N-полюсом B_m и отталкивается S-полюсом В М. Северный полюс стрелки компаса притягивается S-полюсом B_m и отталкивается N-полюсом B_m . Положение, которое он занимает, следовательно, обусловлено действием этих 4 сил, а также его тенденцией указывать на N и S.

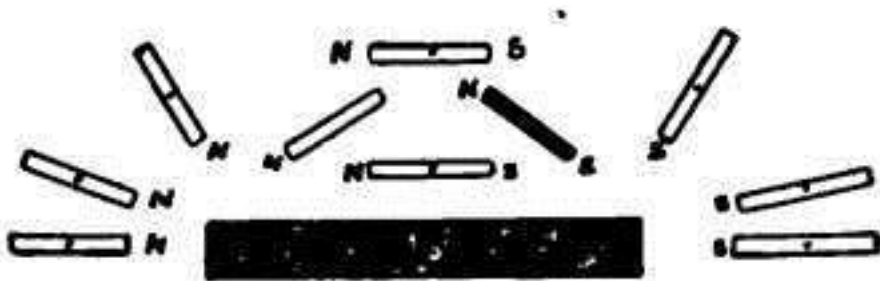


Рис. 17.

Каждый магнит обладает определенным магнитным полем, силовые линии которого проходят через окружающий воздух в определенных положениях. Однако, как только кусок железа или другой магнит попадает в поле, первоначальное положение силовых линий меняется. Это необходимо учитывать при конструировании электрических машин.

ЭКСПЕРИМЕНТ 32. Изучить магнитное поле стержневого магнита.

Аппарат. Лист плотной бумаги; железные опилки, I_f ; стержневой магнит, B_m (№ 21); просеиватель для опилок (№ 24); (О самодельных просеивателях см. Книгу по приборам, §48, 49, 50.)

63. Указания. (А) Положите B_m на стол и накройте его бумагой.

(В) С помощью просеивателя насыпьте немного опилок непосредственно на бумагу поверх бумаги, затем слегка постучите по бумаге, чтобы помочь частицам занять окончательное положение. Изучите результаты.

64. Магнитные фигуры; Силовые линии магнитного поля. Опилки четко указывали на протяженность и природу магнитного поля В М. Вы должны заметить, как опилки расходятся от полюсов и как они образуют кривые линии от одного полюса к другому. Они рисуют на бумаге *магнитную фигуру*. Каждая частица опилок становится маленьким магнитом за счет индукции (Пример 24) и занимает положение, которое зависит от притяжения и отталкивания, как описано вПримере 31.

Кажется, что магнетизм тянется линиями от полюсов магнита. Положение и направление некоторых линий показаны линиями опилок. Вблизи полюсов они очень отчетливы, и для удобства считается, что они начинаются с Северного полюса магнита, где они разделяются. Затем они проходят через воздух со всех сторон магнита и, наконец, снова входят в него у S-го полюса. Эти линии называются*силовыми* или *линиями магнитной индукции*.

Полюса не следует рассматривать просто как точки на концах магнита. Как показано на магнитных рисунках, линии магнитной индукции исходят от значительной части концов магнита.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 33-37. Для изучения магнитных полей различных комбинаций стержневых магнитов.

Устройство для объяснений. 33-37. Два стержневых магнита, В М (№ 21, 22); железное кольцо, I R (№ 23); железные опилки, I F; лист плотной бумаги; сито (№ 24).

65. Примечание. Учащемуся будет очень полезно составить магнитные фигуры из приведенных комбинаций. Тщательно намагнитите стержневые магниты на электромагнит или на сильный подковообразный магнит и каким-либо образом отметьте их N полюсов. N полюсов можно пометить, приклеив к ним небольшой листок бумаги.

66. Указания. (А) Расположите два магнита, В М, как показано на [рис. 18](#), так, чтобы их непохожие полюса находились примерно в дюйме друг от друга. (Пунктирный кружок указывает на железное кольцо, которое будет использоваться в *следующем* эксперименте. Показано только около четверти магнитов.)

(Б) Положите бумагу поверх магнитов и сразу же насыпьте на нее опилки поверх противоположных полюсов. Обратите особое внимание на строки регистрации между N и S.

(С) Сделайте набросок результата. (Смотрите эксперименты с электромагнитами и иллюстрации магнитных фигур с ними.)

ЭКСПЕРИМЕНТ 34.

67. Указания. (А) Оставляя противоположные полюса на расстоянии дюйма друг от друга, как в [примере 33](#), поместите между ними железное кольцо I R (№ 23) ([рис. 18](#), пунктирные круги).

(Б) Накройте все это бумагой и присыпьте опилками, чтобы получился магнитный рисунок.

(С) Сделайте набросок полученной фигуры и сравните его с рисунком, сделанным на [примере 33](#). Почему силовые линии кажутся нечеткими в центре кольца и вокруг него? (См. [§74](#).)



Рис. 18.

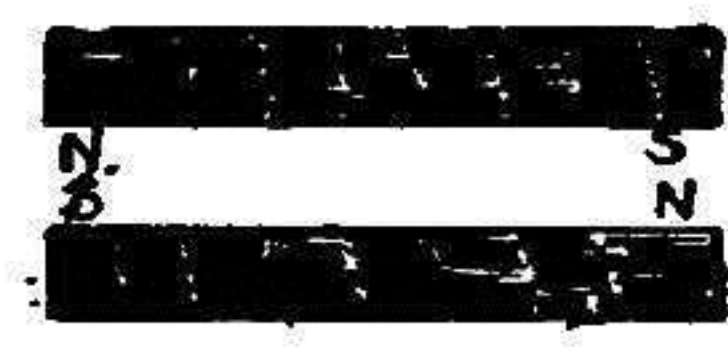


Рис. 19.

ЭКСПЕРИМЕНТ 35.

68. Указания. (А) Расположите два стержневых магнита, как в [примере 33](#), но так, чтобы их два N-полюсных элемента находились на расстоянии дюйма друг от друга.

(Б) изобразите магнитную фигуру комбинации. Проходят ли силовые линии от одного N полюса непосредственно к N полюсу другого? Частицы опилок, вылетающие из одной ячейки, притягивают или отталкивают частицы опилок из другой ячейки?

ЭКСПЕРИМЕНТ 36.

69. Указания. (А) Расположите два стержневых магнита рядом так, чтобы их противоположные полюса были расположены, как показано на [рис. 19](#).

(Б) Сделайте магнитную фигуру.

ЭКСПЕРИМЕНТ 37.

70. Указания. (А) Поверните один Вм конец за концом так, чтобы их одинаковые полюса были рядом друг с другом, но расположены иначе, как на [рис. 19](#).

(Б) сделайте и изучите магнитную фигуру.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 38-39. Изучить подъемную силу комбинаций стержневых магнитов.

Устройство для объяснений. 38-39. Два стержневых магнита, В М (№ 21, 22), примерно одинаковой прочности; железные опилки, I F.

71. Указания. (А) Узнайте, сколько опилок вы можете поднять с помощью N полюса одного магнита.

(Б) соедините два магнита вместе ([рис. 20](#)) так, чтобы их *одинаковые* полюса соприкасались; затем посмотрите, поднимут ли два N полюса больше или меньше опилок, чем один полюс.

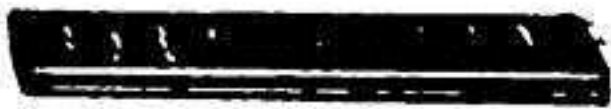


Рис. 20.

ЭКСПЕРИМЕНТ 39.

72. Указания. (А) Удалите все опилки с двух только что использованных магнитов и плотно прижмите их друг к другу (рис. 20) так, чтобы их *непохожие* полюса соприкасались.

(В) Сравните количество опилок, которое вы можете поднять с одного конца этой комбинации, с количеством, которое вы можете поднять в [Примере 38](#) (А) и (В).

73. Обсуждение; Составные магниты. Множество силовых линий проходят в воздух от двух одинаковых полюсов. Такая комбинация называется *составным магнитом*. Кусок тонкой стали может быть намагничен сильнее пропорционально своему весу, чем толстый кусок, потому что магнетизм, по-видимому, не проникает в сталь дальше определенного расстояния. Тонкая сталь может быть намагничена практически насквозь. Толстый магнит имеет лишь корку из намагниченных молекул; фактически, толстый магнит может быть значительно ослаблен, если кислота разъест внешнюю корку. Путем склеивания нескольких тонких стержневых или подковообразных магнитов вместе получаются толстые постоянные магниты значительной прочности.

74. Силовые линии, проходя от N к S полюсу магнита, встречают сопротивление в воздухе, которое переносит их не так легко, как железо или сталь. В расположении [Примера 39](#) силовые линии не обязаны прокладывать себе путь по воздуху, поскольку каждый магнит служит обратным проводником для силовых линий другого. [28] Любой магнит может рассматриваться как якорь для другого.

Чтобы другим способом показать, что в воздух проходит всего несколько силовых линий, ученик может разложить вышеуказанную комбинацию на столе и сделать магнитную фигуру. (Смотрите книгу "Устройство", стр. 38, о способе изготовления самодельных составных магнитов.)

В случае, когда кольцо было помещено между полюсами двух стержневых магнитов ([Пример 34](#)), силовые линии от северного полюса пересекали первое воздушное пространство. Затем они исчезли в теле кольца, пока им не пришлось перепрыгнуть через второе воздушное пространство, чтобы добраться до южного полюса. Слабость поля в центральном пространстве была ясно продемонстрирована опилками. В воздухе не было случайных силовых линий, потому что им было легче проходить через железное кольцо. Это будет обсуждаться снова в разделе "Динамо-машины и моторы". (Смотри также [§ 78](#).)

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 40-42. Для изучения магнитного поля подковообразного магнита.

Устройство для примеров 40-42. Подковообразный магнит, Н М; железные опилки, I F; лист плотной бумаги.

75. Указания. (А) Положите Нм со снятой арматурой плашмя на стол и накройте его бумагой; затем сделайте магнитную фигуру. ([Пример 32](#).)

(Б) сравните количество четко очерченных кривых на полюсах с числом на экваторе.

ЭКСПЕРИМЕНТ 41.

76. Указания. (А) Сделайте магнитную фигуру Hm с установленным якорем.

(В) увеличивается или уменьшается притяжение внешних тел при размещении якоря на Hm ?

ЭКСПЕРИМЕНТ 42.

77. Указания. (А) Разложите Hm плашмя на столе и поместите одну или две спички между его полюсами и якорем; накройте бумагой, как и раньше, и сделайте магнитную фигуру. Проходят ли силовые линии по-прежнему через арматуру?

78. Обсуждение; Сопротивление силовым линиям. Из последних трех экспериментов очевидно, что силовые линии будут проходить через железо, когда это возможно, на своем пути от N к S полюсу магнита. Когда якорь подковообразного магнита установлен на место, большинство линий магнитной индукции собираются вместе и проходят через него, а не проталкиваются по воздуху. Воздух не является хорошим проводником силовых линий; и магнит должен проделать работу по преодолению сопротивления воздуха, когда якорь снят, чтобы замкнуть магнитную цепь. Эта работа приводит к постепенному ослаблению магнита. Якорь из мягкого железа является отличным проводником силовых линий; он настолько идеально замыкает магнитную цепь, что магниту остается очень мало работы.

ЭКСПЕРИМЕНТ 43. Показать, что силовые линии проходят по всем сторонам магнита.

Аппарат. Наш компас, О С (№ 18); магнит в виде подковы, Н М; стеклянный стакан, G T; лист плотной бумаги; железные опилки, I F. Расположите, как показано на [рис. 21](#). Hm можно поддерживать в вертикальном положении, подложив под него бумагу или носовой платок. Стержни должны чуть касаться жесткой бумаги, накрытой стаканом.

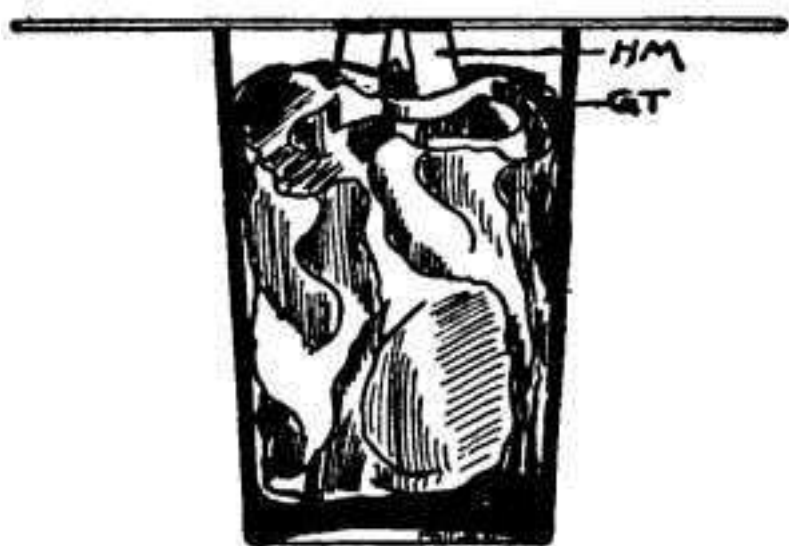


Рис. 21.

79. Указания. (А) посыпьте бумагу железными опилками и изучите получившийся магнитный рисунок.

(В) расположите Ос на бумаге в разных положениях. Всегда ли магнитная стрелка располагается примерно параллельно линиям опилок?

80. Обсуждение. Учащийся должен иметь в виду тот факт, что опилки на магнитном рисунке показывают приблизительную протяженность и форму магнитного поля просто[30] в одной плоскости. Если бы бумагу держали в каком-либо другом положении рядом с магнитом (например, в наклонном), линии опилок не были бы такими, как на [примерах 40-42](#). Силовые линии выходят со всех сторон Северного полюса. Когда магнитная стрелка помещается в любое магнитное поле, ее N полюс указывает в направлении, в котором проходят силовые линии; то есть она указывает на S полюс магнита, создающего поле.

ЭКСПЕРИМЕНТ 44. Изучить подковообразный магнит с подвижными полюсами.

Устройство. Узкая полоска пружинящей стали, S S (№ 25); железные опилки, I F.

81. Указания. (А) Намагнитьте пружинную сталь, S S.

(В) Согните S S до тех пор, пока его полюса не разойдутся примерно на ¼ дюйма, затем, используя его как подковообразный магнит и сохраняя полюса на одинаковом расстоянии друг от друга, посмотрите, сколько опилок вы сможете поднять.

(С) Очистите стержни S S, плотно прижмите их друг к другу, затем снова проверьте их грузоподъемность с помощью опилок.

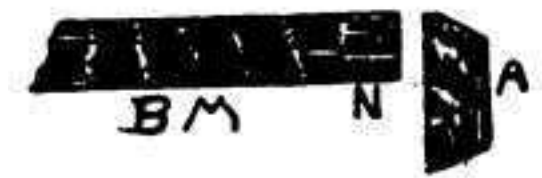


Рис. 22.

82. Обсуждение преимуществ подковообразных магнитов. Когда противоположные полюса гибкого магнита прижаты друг к другу, силовые линии не обязательно должны проходить через воздух; внешние тела притягиваются очень слабо. Тот же эффект достигается и с арматурой ([Пример 41](#)). Подковообразный магнит обладает сильным притяжением к своему якорю, потому что он обладает *двойной способностью индуцировать и притягивать*. Предположим, что N полюс стержневого магнита, Вm ([рис. 22](#)), расположен вблизи одного конца куска железа, как, например, якорь А. А станет временным магнитом за счет индукции ([Пример 24](#)). Южный полюс А, поляризованный индукцией, будет притягиваться Вm, в то время как его Северный полюс будет отталкиваться Вm; итак, вы видите, что стержневой магнит не притягивает с пользой.

ГЛАВА V. ЗЕМНОЙ МАГНЕТИЗМ.

83. Магнетизм Земли. Студент, должно быть, уже догадался, что земля действует как магнит. Это заставляет магнитную стрелку занимать определенное положение в каждом месте на своей поверхности, и это положение зависит от притяжения и отталкивания земли для нее. У земли есть силовые линии, которые исходят от ее Северного магнитного полюса, и эти линии, прежде чем они смогут достичь Южного магнитного полюса земли, должны распространиться по воздуху во все стороны земли.

Поскольку магнитная стрелка указывает на северный магнитный полюс Земли (который находится более чем в 1000 милях от его *реального* Северного полюса), очевидно, что стрелка компаса не показывает *истинный* север для всех мест на поверхности Земли. Фактически, северный полюс стрелки может указывать на E, W или даже S. Этот эффект можно увидеть, если провести компасом вокруг Северного магнитного полюса Земли.



Рис. 23.

84. Склонение. Для удобства мы представим истинные N и S в том месте, где вы проводите эксперимент, полной линией Ns на [рис. 23](#). Пунктирная линия показывает направление, выбранное стрелкой компаса. Угол A между ними называется *углом изменения* или *склонением*. Этот угол не одинаков для всех мест; и, фактически, он медленно меняется в любом данном месте; поэтому становится необходимым составлять *магнитные карты* для использования моряками и другими лицами.

ЭКСПЕРИМЕНТ 45. Изучить силовые линии над и под стержневым магнитом, расположенным горизонтально.

Устройство. Стержневой магнит, В М (№ 21); компас, О С (№ 18).

85. Указания. (А) Выложите тесто на стол и поместите его в центр. Обратите внимание на положение стрелки компаса.

(В) Проведите $Oс$ вдоль от одного конца $Вм$ к другому и изучите воздействие на его иглу. Изгибаются ли силовые линии над $Вм$, а также вокруг его сторон, как показано в [Примере. 31](#)?

(С) Поставьте $Oс$ на стол. Держите $Вм$ горизонтально над $Oс$ и перемещайте $Oс$ взад и вперед под $ВМ$. Остается ли стрелка горизонтальной или это показывает, что силовые линии проходят под $Вм$ на пути от его N-го к S-му полюсу?

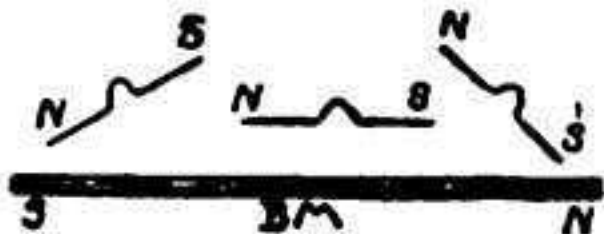


Рис. 24.

86. Наклон магнитной стрелки. Говорят, что стрелка опускается, когда она принимает положение, подобное показанному на [рис. 24](#). Стрелки компаса должны быть горизонтальными, правильно сбалансированными и полностью свободными от каких-либо воздействий, кроме воздействия земли. Показанный чрезмерный наклон ([рис. 24](#)), конечно, вызван усилиями магнитной стрелки переместиться в направлении, в котором проходят силовые линии $Вм$.

ЭКСПЕРИМЕНТ 46. Изучить наклон магнитной стрелки, обусловленный действием земли.

Устройство. [Рис. 25](#). Наш компас, $Oс$ (№ 18); магнит в виде подковы, $Нм$ (№ 16); лист бумаги.

87. Указания. (А) Положите $Oс$ на стол и отметьте на листе бумаги высоту N-го полюса его иглы над столом. ([Рис. 25](#).) Бумагу следует держать в вертикальном положении и рядом с опорой.

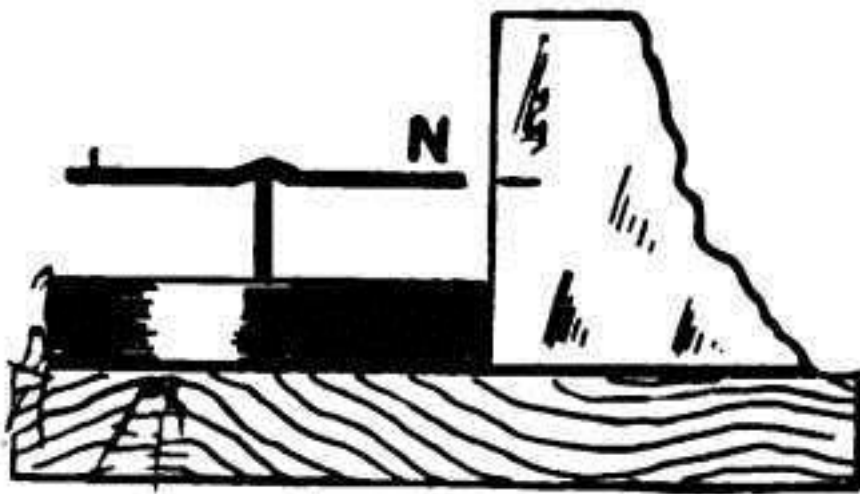


Рис. 25.

(В) С помощью Нм переверните полюса стрелки компаса ([Пример 13](#)) так, чтобы ее северный полюс стал южным.

(С) Снова установите иглу на ось и отметьте на бумаге, как и раньше, высоту ее нового N-образного стержня над столом. Остается ли игла горизонтальной?

(D) повторно намагнитите стрелку и поменяйте местами ее полюса, чтобы она снова пришла в равновесие.



Рис. 26.

88. Обсуждение; Балансировка магнитных стрелок. Если кусок немагнитной стали уравновесить, а затем намагнитить, он больше не будет оставаться горизонтальным; он опустится. Попробуйте это. Стрелки компаса уравниваются после того, как они намагничены. Теперь вы можете понять, почему стрелка не оставалась горизонтальной после смены ее полюсов? Кусок стали, сначала уравновешенный, а затем намагниченный, должен иметь слегка утяжеленный S-образный полюс, как показано линией в точке S ([рис. 26 х](#)), чтобы сделать его горизонтальным. Магнитная стрелка не имеет тенденции опускаться к экватору земли, потому что силовые линии земли на экваторе почти горизонтальны. По мере того как мы движемся по земле к северу или югу, силовые линии наклоняются все больше и больше по мере того, как они исходят от магнитных полюсов земли или входят в них. Какое положение заняла бы стрелка, если бы мы держали ее прямо над северным магнитным полюсом Земли? На [рис. 24](#) показано, что делает игла, когда ее держат вблизи полюсов стержневого магнита.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 47-48. Для изучения индуктивного влияния Земли.

Устройство для объяснений. 47-48. Компас, Ос, (№ 18); железная кочерга или другой железный прут; молоток. (Утюг и молоток не прилагаются.)

89. Примечание. Вы видели ([Пример 24](#)), что железо намагничивается индукцией, когда его помещают рядом с магнитом. Поскольку земля действует как огромный магнит, имеющий полюса, силовые линии и т.д., будет ли она намагничивать куски железа, находящиеся в воздухе или на ее поверхности?

90. Указания. (А) Проверьте кочергу на наличие полюсов с помощью Ос, помня, что для подтверждения поляризации необходимо *отталкивание*. Если у кочерги очень слабые стержни, продолжайте; но если она демонстрирует некоторую прочность, держите ее в восточном и западном направлениях и нанесите по ней несколько резких ударов молотком по концу. Еще раз проверьте полярность.

(Б) Одной рукой держите кочергу по линии N и S, наклоните ее к северу и несколько раз ударьте молотком, чтобы тщательно перемешать ее молекулы.

(С) Проверьте еще раз, нет ли шестов с Ос, и особенно обратите внимание, стал ли нижний конец (кочерги) шестом N или S.

ЭКСПЕРИМЕНТ 48.

91. Указания. (А) Поверните кочергу концом к концу (см. [Пример 47](#)); повторите удар и снова проверьте шест, изготовленный с нижнего и северного конца.

(В) Теперь держите кочергу горизонтально по линии востока и запада и колотите ею.

(С) Проверьте наличие полюсов. Это усилило или ослабило магнит для кочерги?

92. Обсуждение. Погружение кочерги перемещает ее почти в том же направлении, что и силовые линии земли. Магнитное влияние земли благоприятно воздействует на кочергу путем индукции только тогда, когда кочергу держат должным образом.

Изучающему, без сомнения, приходит в голову, что конец магнитной стрелки, указывающий на север, на самом деле противоположен по своей природе северному магнитному полюсу Земли. Таким образом, северный полюс иглы на самом деле должен быть южным полюсом, чтобы притягиваться северным полюсом земли. Для удобства было решено называть N-искомый полюс магнита его N-полюсом.

93. Природные магниты. Почти все куски железа становятся более или менее намагниченными под индуктивным действием земного магнетизма. Ваша кочерга вначале была слегка намагничена, возможно, из-за того, что вы стояли в наклонном положении.

Индукция происходит вдоль силовых линий. В северных широтах силовые линии земли имеют наклон к северу.[35] Теперь вы должны понять, почему наибольший эффект производился на кочергу, когда ее также опускали.

Части механизмов, стальные каркасы мостов и зданий, инструменты в цехах и даже некоторые виды железной руды поляризуются под действием этой индукции. Все это можно было бы назвать естественными магнитами. Магнитная железная руда, называемая магнитом, однако, упоминается, когда говорят о *природных магнитах*. Магнит использовался тысячи лет назад для обозначения N и S, и позже было обнаружено, что он может передавать свою силу кускам стали, когда их трет друг о друга.

ЭКСПЕРИМЕНТ 49. Чтобы проверить эффект скручивания провода, протянутого с севера на юг в магнитном поле Земли.

Аппарат. Компас, О С (№ 18); кусок мягкой железной проволоки длиной 6 дюймов (15 см) (№ 15). Согните проволоку примерно на дюйм с каждого конца, чтобы ее можно было прочно удерживать при скручивании.

Примечание. Вы видели, что мы можем по своему желанию *вбивать* магнетизм в кусок железа или из него. Можем ли мы *скрутить* его в проволоку и снова вытащить без использования магнитов?

94. Указания. (А) Проверьте провод на наличие опор при О С.

(В) Держите проволоку в направлении N и S, одновременно погружая ее, как указано в [Примере 47](#) для кочерги, и крутите ее взад-вперед.

(С) Проверьте еще раз наличие опор с О С. Поскольку полюса проволоки могут быть очень слабыми, *медленно* поднесите их к стрелке компаса (см. [Пример 14](#)) и обратите внимание на *первые* движения, производимые стрелкой.

(D) Держите провод горизонтально с востока на запад, скрутите и проверьте снова. Его магнетизм стал слабее или сильнее, чем раньше?

ЭКСПЕРИМЕНТ 50. Проверка наличия магнетизма в железных брусках, инструментах и т.д.

Аппарат. Стальные сверла; напильники; стамески; бруски или прутья железа, которые стояли в вертикальном положении; приспособления для снятия крышки с плиты; кочерги и т.д. и т.п.; компас.

95. Указания. (А) С помощью компаса проверьте концы вышеуказанного элемента на магнетизм и обратите внимание, какие концы являются S.

Примечания.

СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ЧАСТЬ II.—СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ГЛАВА VI. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ.

100. Некоторые разновидности электричества. Статическое электричество, по-видимому, не "течет токами" с такой готовностью, как некоторые другие разновидности; его тенденция - стоять неподвижно, отсюда и название - статическое. Самый простой способ получить его - трением. *Термоэлектричество* вырабатывается при изменении температуры. Когда определенные комбинации металлов становятся более горячими или холодными,

возникает электрический ток. *Вольтовое* или *гальваническое электричество* вырабатывается химическим воздействием. Батареи обеспечивают это разнообразие. *Индукцированное электричество* вырабатывается другими токами, а также комбинациями магнитов и движущихся катушек проволоки, как в динамо-машине. Это, безусловно, самая важная разновидность электричества, а динамо-машина - самый важный его производитель.

Каждая из вышеперечисленных разновидностей электричества будет изучена экспериментально с помощью простых приборов.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 51-52. Для изучения электризации трением.

Аппарат. Эбонитовый лист, E S (№ 26); фланелевая ткань, F C (№ 30). Посмотрите, что сказано в предисловии о статическом электричестве.

101. Указания. (A) Осмотрите E S. Обратите внимание, что его поверхность не гладкая, как у обычных гребенок из твердой резины. Можете ли вы назвать какую-либо причину для этого?

(B) поднесите его плоскую поверхность к своему лицу, затем к тыльной стороне ладони. Вы чувствуете что-нибудь необычное?

(C) Разложите продукты на плоской доске или открытом деревянном столе и передвигайте их по кругу. Вам легко их поднять?

(D) Снова положите ее плашмя на стол; левой рукой следите, чтобы она не скользила, *энергично* в течение *минуты* потрите ее ладонью F. Действует ли она точно так же, как раньше, в пунктах (B) и (C)?

(E) повторите эксперимент в темной комнате.

(F) Тщательно наэлектризуйте E S и посмотрите, будет ли он достаточно сильно держаться за стену, чтобы выдержать собственный вес.

102. Обсуждение; Наэлектризованные и нейтральные тела. Эбонитовый лист *наэлектризовался* или *зарядился*; и поскольку *наэлектризованность* вызывалось трением, мы можем сказать, что действие эбонита указывало на наличие *электричества трения*. Никто не может *точно* сказать, почему эбонит вел себя так странно, но мы можем многому научиться, экспериментируя. Тела, которые не заряжены, называются *нейтральными*. Стол, стулья, земля и т.д. нейтральны. Мы можем считать, что нейтральное тело *былоразряжено*.

103. Сила; Сопротивление; Работа; Потенциальная энергия; Электрификация. Требуется *усилие*, чтобы поднять воду в резервуар, установленный на крыше. При поднятии воды необходимо выполнить *работу*, и мы должны выполнять эту работу; но когда у нас однажды есть вода в резервуаре, мы чего-то достигли. Вода обладает *потенциальной энергией*; то есть, из-за ее высокого *положения*, мы можем заставить ее выполнять некоторую работу, просто повернув запорный кран, чтобы вода могла вытекать и вращать, например, водяное колесо.

Требуется *усилие*, чтобы энергично потереть кусок эбонита фланелевой тряпкой, поскольку *сопротивление* должно быть *преодолено*; то есть *работа* должна быть выполнена. Благодаря этой работе достигается несколько вещей: выделяется тепло, поскольку мы можем

чувствовать, что эбонит нагревается; мы можем *слышать* звуки и *видеть* искры. Простое мышечное усилие с нашей стороны было заменено теплом, светом и звуком. Однако самая замечательная часть всего этого заключается в том, что мы наэлектризовали или зарядили эбонит. Мы сначала выполнили работу, и теперь эбонит обладает способностью что-то делать, как вы[41] скоро увидите. *Электрификация* - это, таким образом, разновидность потенциальной энергии.

104. Тепло и электризация. Мы говорим, что тепло передается к телу или от него, делая его горячим или холодным. Тепло *создает* ощущение тепла, но тепло - это не теплота. Мы можем заставить холодное тело стать горячим; другими словами, мы можем привести его в горячее состояние различными способами, такими как растирание, удары молотком или размещение его рядом с другим горячим телом или в контакте с ним.

Электрификация - это также состояние, в которое мы можем принудить тело; но электрификация - это не электричество. Мы узнаем, горячо или холодно то или иное тело, по его воздействию на нас, на термометры и на другие тела. Мы также можем определить, наэлектризовано тело или нет, по тому, как оно действует, и, в некоторых случаях, по звуку, теплу и свету, которые сопровождают наэлектризованность.

Не думайте, что наэлектризованное тело покрыто слоем электричества точно так же, как доска покрыта слоем краски.

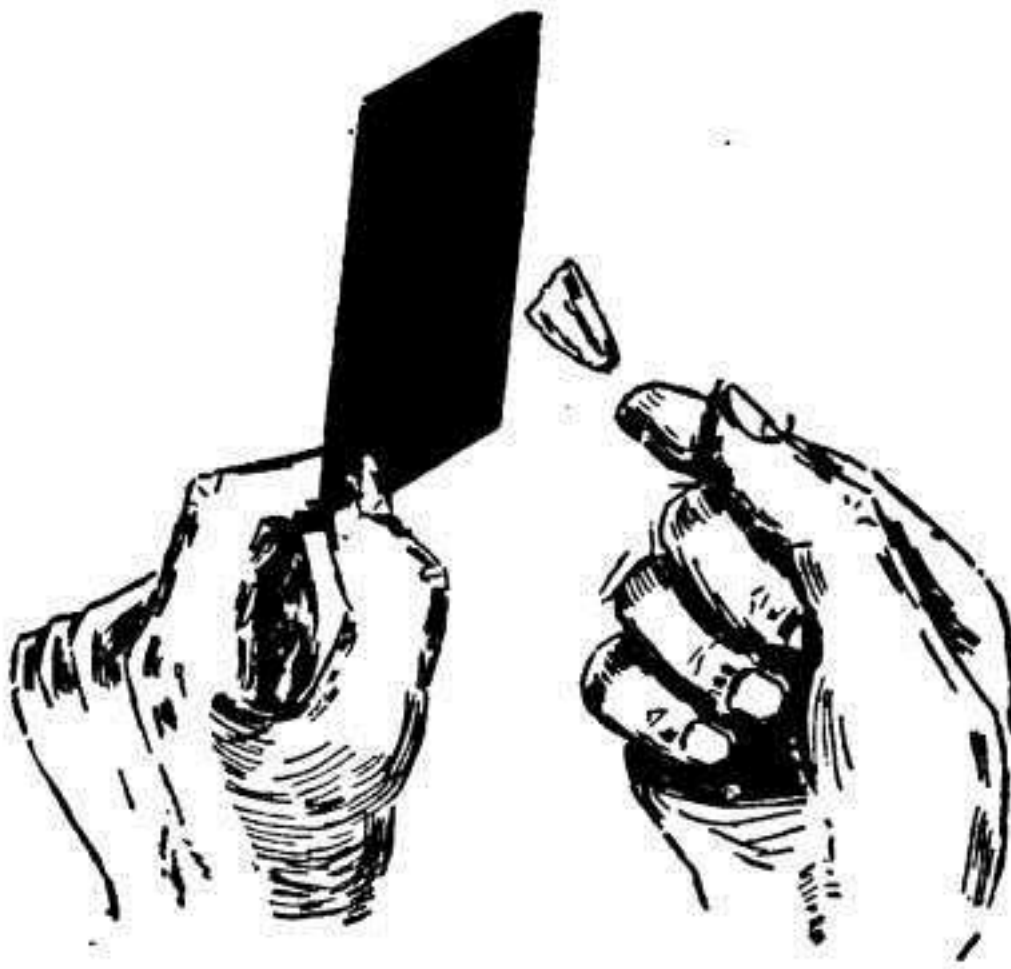


Рис. 28.

ЭКСПЕРИМЕНТ 52.

105. Указания. Повторите [Пример 51](#), но вместо эбонита используйте горячую папиросную бумагу, горячую оберточную бумагу, горячую газету или горячий шелковый носовой платок. Энергично потрите их рукой. Они заряжаются?

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 53-54. Для изучения электрического притяжения.

Аппарат. Эбонитовый лист, Е S (№ 26); фланелевая ткань, F C (№ 30); маленькие кусочки сухой папиросной бумаги, Тр (№ 31); нитки (№ 32).

106. Указания. (А) Тщательно наэлектризуйте его, как и раньше, затем поднимите и подержите в воздухе. ([Рис. 28.](#))

(Б) Посмотрите, что будут делать бумага и нитки, если их свободно держать рядом с буквой "Е".

107. Обсуждение. [Пример 53](#) показывает, что *наэлектризованное тело притягивает нейтральные*. Вот что было известно об электричестве более 2000 лет назад. Тогда у них не

было эбонита, но некоторые образованные люди Греции знали, что янтарь притягивает светящиеся тела после трения. Греческое слово, обозначающее янтарь, -*электрон*, и от него произошло слово *электричество*.

ЭКСПЕРИМЕНТ 54.

108. Указания. Зарядите лист горячей бумаги трением; поднимите его за противоположные концы и опустите на маленькие кусочки папиросной бумаги, разложенные на столе. Что происходит с маленькими кусочками?

ЭКСПЕРИМЕНТ 55. Изучить взаимное влечение.

Аппарат. Подставка и приспособления к ней (см. § 109); опорная проволока, S W (№ 36); шелковая нить, S T (№ 33) или резиновая лента, R B (№ 45); эбонитовый стержень, E R (№ 28); фланелевая ткань, F C (№ 30); проволочные качели, W S (№ 37).

Привяжите один конец S T к W S, [рис. 29](#); привяжите другой конец S T к S W; отрегулируйте W S, согнув, при необходимости, так, чтобы он надежно удерживал E R. Будет удобно использовать резиновую ленту вместо S T; если вы это сделаете, пусть W S обвяжет один конец Rb ([рис. 33](#)), а другой конец Rb повесьте на S W.

109. Опора состоит из опорного основания (S B, [рис. 56](#)), опорного стержня (S R, [рис. 56](#)) и опорной проволоки (S W, [рис. 29](#)). На одном конце S r имеется небольшое отверстие для установки провода Sw, а на другом конце - большое отверстие для короткого эбонита, который удерживает изолирующий стол ([рис. 32](#)). На нижний конец ленты следует намотать немного бумаги, чтобы она прочно держалась на катушке, которая является частью основы.

110. Указания. (А) Наэлектризовать E R с помощью Fc и поместить E R на качелях, W S ([рис. 29](#)).

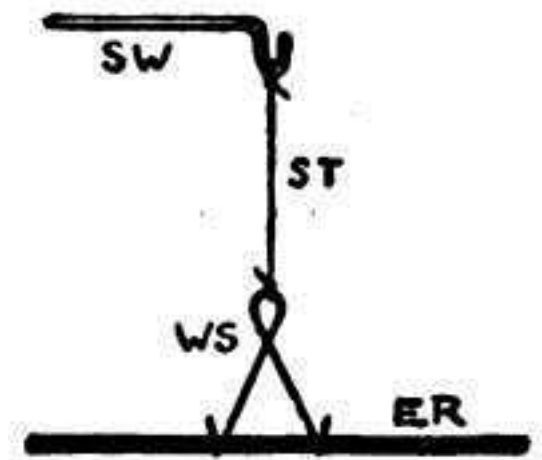


Рис. 29.

(В) поднесите палец к одной стороне натертого конца E r, затем к незатертому концу и сравните результаты.

111. Взаимное влечение. *Нейтральное тело, например, рука, притягивает наэлектризованное.* Из примеров 53, 54, 55 видно, что притяжение между нейтральным и наэлектризованным телом взаимно; каждое притягивает другое.

ЭКСПЕРИМЕНТ 56. Для изучения электрического отталкивания.

Аппарат. То же, что для [примера 55](#); лист эбонита, E S (№ 26).

112. Указания. (A) Зарядите Eг и поместите его в W S, [рис. 29](#).

(B) зарядите E S и медленно поднесите его к одной стороне заряженного конца E R.

ЭКСПЕРИМЕНТ 57. Для изучения электрического отталкивания.

Аппарат. Лист папиросной бумаги, Тр (№ 31); ножницы или нож. Отрежьте кусочки, как показано на [рис. 30](#). Каждая ножка должна быть около $\frac{1}{4}$ дюйма. широкий и 3 или 4 дюйма в длину.

113. Указания. (A) Нагрейте бумагу, затем разложите ее плашмя на столе и придайте ей электризацию, потряхивая ее рукой. Вы должны стереть с необрезанной части, иначе вы сломаете ножки.

(B) Поднимите ножку, держа ее за неразрезанную часть. Обратите внимание на движение ножек и сделайте их набросок.

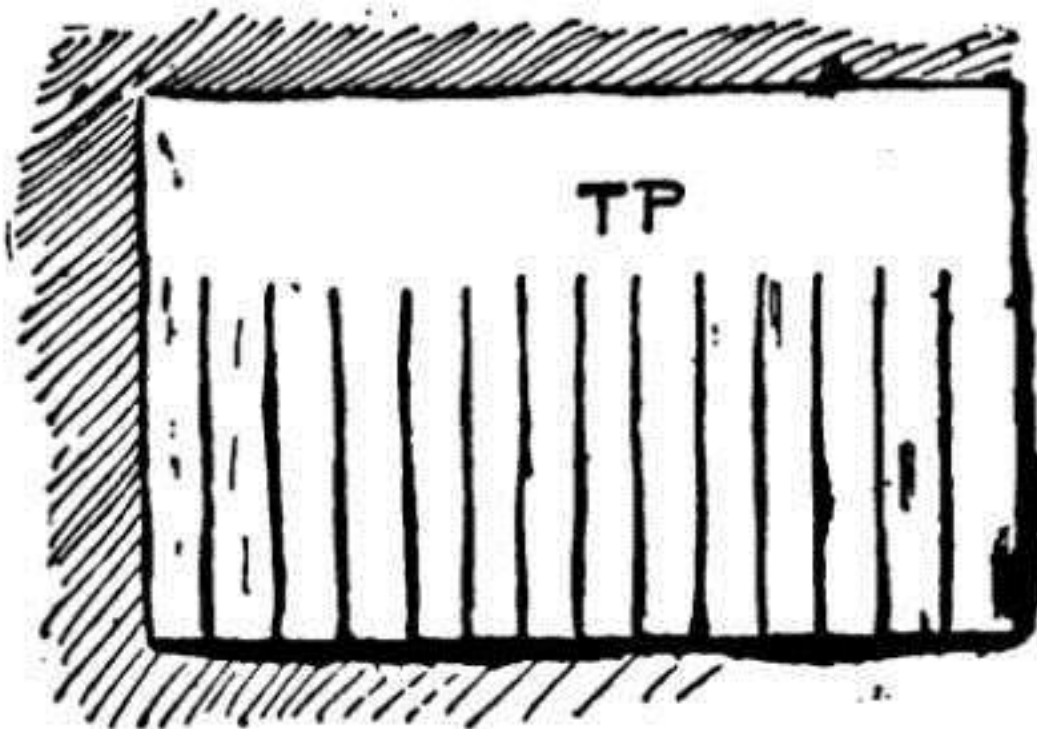


Рис. 30.



Рис. 31.

ЭКСПЕРИМЕНТ 58. Для изучения электрического отталкивания.

Аппарат. Эбонитовый стержень, Е R (№ 28); углеродный электроскоп, С Е, [рис. 31](#) (см. § 114); подставка в сборе (см. § 109); маленький кусочек влажной папиросной бумаги.

114. Угольный электроскоп. Зажгите обычную спичку и дайте ей гореть, пока она не обуглится насквозь. Оставшееся черное вещество - это *углерод*. Он очень легкий; у него также есть еще одно важное свойство, которое вы скоро поймете. Привяжите небольшой кусочек карбона к одному концу сухой шелковой нити, а другой конец нити прикрепите к опорной проволоке Sw, которая прикреплена к опоре ([рис. 31](#)). Мы назовем это устройство *углеродным электронным микроскопом*. (См. [Электроскопы](#), глава XVIII, Справочник по приборам.)

115. Указания. (А) Наэлектризуйте Ег, затем поднесите его к угольному элементу электроскопа.

(В) поднесите заряженный стержень к маленьким кусочкам *влажной* папиросной бумаги.

116. Обсуждение экспериментов 56, 57, 58. В 56 году два куса эбонита были сделаны из одного и того же материала, и оба были натерты фланелью. Должно быть, они были одинаково наэлектризованы. В 57 году разные части одного и того же листа бумаги были точно так же наэлектризованы. В 58-м маленький кусочек углерода забрал часть электризации от заряженного стержня, точно так же, как он забрал бы патоку с вашего пальца, если бы ваш липкий палец прикоснулся к нему. Электризация углерода, должно быть, была такого же рода,

как и на стержне. Углерод *заряжался при контакте*. Таким образом, мы узнаем, что *два тела отталкиваются друг от друга, когда у них одинаковый вид наэлектризованности*. *charged bodies always* отталкиваются друг от друга? Возможно ли, что существуют разные виды электрификации?

ЭКСПЕРИМЕНТ 59. Изучить электризацию стекла.

Аппарат. Лист стекла G (№ 38), нагретый (подойдет горячая бутылка или дымоход лампы); кусок шелка, достаточно большой, чтобы потереть G. (Шелковый носовой платок - как раз то, что нужно, но если у вас нет шелка, используйте фланелевую ткань Fc, № 30.)

117. Указания. (А) Энергично потрите горячее стекло шелком (или фланелью), также нагретым.

(Б) Проверьте G на электризацию с помощью маленьких кусочков папиросной бумаги и угольного электроскопа, [Пример 58](#).

118. Вопросы. Будут ли два куса наэлектризованного стекла отталкиваться друг от друга? Проведите эксперимент, чтобы показать, правы вы или нет. Заряд на стекле точно такой же, как на эбоните? Вы знаете, как это выяснить?

ЭКСПЕРИМЕНТ 60. Сравнить электризацию, производимую эбонитом и фланелью, с электрификацией, производимой стеклом и шелком.

Аппарат. Подставка (см. [§ 109](#)); проволочные качели, W S (№ 37); эбонитовый стержень и т.д., из [опыта. 55](#) ([рис. 29](#)); стекло, G и шелк из [опыта. 59](#).

119. Указания. (А) Электрифицируйте E R и поместите его в W S, [рис. 29](#).

(Б) поднесите незаряженный стакан к Er, отмечая действие Er.

(С) нагрейте и наэлектризуйте G; поднесите его поближе к Er и внимательно отметьте, стало ли притяжение между ними сильнее или слабее, чем раньше, или они отталкивают друг друга.

120. Обсуждение. Мы знаем, что стекло было наэлектризовано, потому что оно поднимало папиросную бумагу; следовательно, его заряд был не такого рода, как у эбонита. Если бы наэлектризованность была точно такой же, у нас было бы отталкивание (Примеры 56, 57, 58).

Точная разница между этими двумя видами электрификации неизвестна. Для удобства было решено называть то, что создается стеклом и шелком, *положительной* электрификацией. С помощью эбонита и фланели получается *отрицательная* электризация. Знак + обычно пишется для слова положительный, а - для отрицательного. Эти знаки обозначают *вид*, а не больше или меньше, как в арифметике.

121. Законы. Из экспериментов мы узнали следующие факты, которые называются *законами*:

(1) Заряды одного и того же типа отталкиваются друг от друга; (2) заряды разных видов притягивают друг друга; (3) любой вид заряда притягивает нейтральное тело и притягивается им.

ГЛАВА VII.

ИЗОЛЯТОРЫ И ПРОВОДНИКИ.

ЭКСПЕРИМЕНТ 61. Для изучения изоляторов.

Аппарат. Эбонитовый стержень, E R (№ 28); фланелевая ткань, F C (№ 30); папиросная бумага, T P (№ 31).

122. Указания. (A) Держа один конец Eг в руке, зарядите другой конец, натирая его Fc

(B) С помощью битов Tр проверьте каждый конец Eг на наличие заряда и сравните результаты.

ЭКСПЕРИМЕНТ 62. Для изучения изоляторов.

Аппарат. Эбонитовый лист, E S (№ 26); фланелевая ткань, F C (№ 30).

123. Указания. (A) Тщательно наэлектризуйте его ([Пример 51](#), D), затем поднимите и удерживайте в воздухе, как показано на [рис. 28](#).

(B) Перемещая свой округлый сустав около поверхности E S, посмотрите, сможете ли вы получить от него больше одной искры.

ЭКСПЕРИМЕНТ 63. Для изучения изоляторов.

Аппарат. Расческа из твердой резины (в комплект не входит); фланелевая салфетка Fc (№ 30); тупой заостренный гвоздь (№ 19).

124. Инструкции. (A) наэлектризовать расческу с помощью Fc

(B) Проведите ногтем рядом с зубьями расчески и внимательно прислушайтесь.

125. Обсуждение экспериментов 61, 62, 63; Изоляторы. В 61 электризация осталась на одном конце стержня. На рис. 62 и 63 искры показали, что не все части эбонита были выпущены одновременно. Такое вещество, как эбонит, которое не позволяет электрификации переходить от одной его части к другой, называется *изолятором*. Шелк и стекло также являются изоляторами. Теперь вы понимаете, почему для изготовления углеродного электроскопа использовалась шелковая нить?

Зачем телеграфные провода прикрепляют к стеклянным изоляторам?

126. Проводники. Уже говорилось, что вода в приподнятом резервуаре обладает потенциальной энергией. Мы можем позволить воде течь по проводящей трубе в другой резервуар, расположенный немного ниже первого, и она все равно сохранит большую часть потенциальной энергии, но не всю.

Можем ли мы переносить из одного места в другое это своеобразное состояние вещей, эту странную форму потенциальной энергии, которую мы называем электрификацией? Из последних экспериментов ясно, что для этого нам нужно что-то еще, кроме эбонита, который действительно действует как закрытый запорный кран для потока электричества.

Чтобы поддерживать наэлектризованность в одном месте, нам нужен изолятор; чтобы перенести ее из одного места в другое, нам нужен *проводник*. Изоляторы так же важны, как и проводники.

Вы видели, что от эбонита к пальцу шли искры, поэтому мы называем палец проводником. Вы узнали, что притяжение и отталкивание показывают наличие наэлектризованности. Можем ли мы иметь заряженное тело в одном месте и испытывать притяжение или отталкивание в каком-то другом месте?

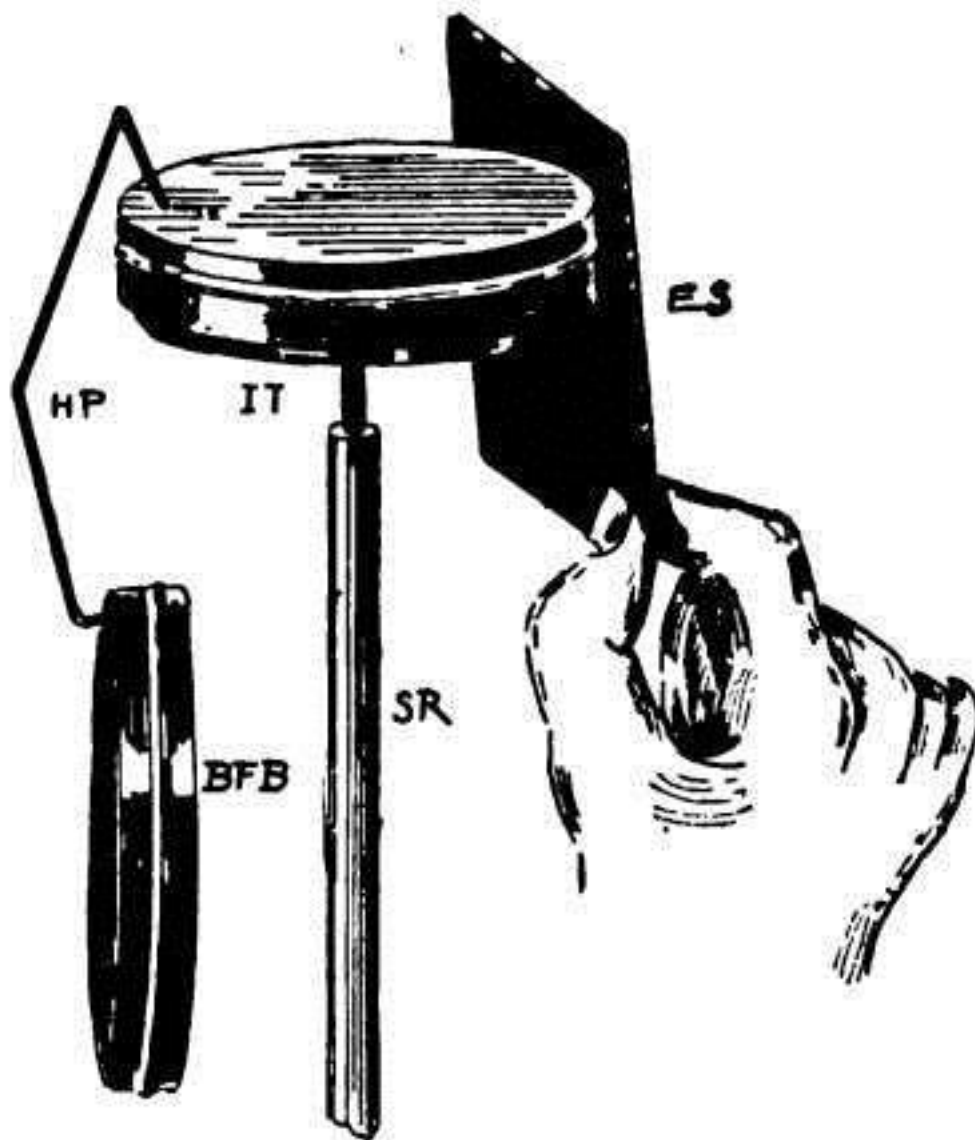


Рис. 32.

ЭКСПЕРИМЕНТ 64. Для изучения проводимости.

Аппарат. Рис. 32; подставка (см. § 109); изогнутая шпилька для волос, Нр (№ 39); лист эбонита, Es; фланелевая ткань, Fc; жестяной диск, В Fb (№ 40), который является дном плоского ящика, Fb; изолирующий столик, I T (см. § 127).

127. Изолирующий столик состоит из жестяной коробки (точно такой же, какая используется для крышки электрофоруса) и эбонитового стержня диаметром около 1/4 дюйма. длинный. См. § 139 для получения полной информации об установке стержня в коробку и т.д. Нижний конец короткого стержня вставляется в большое отверстие на одном конце опорного стержня, S R. Расположите, как показано на рис. 32. В F В должен очень легко поворачиваться.

128. Указания. (A) зарядите E S, затем потрите им кожу, как показано, отмечая действие В F В.

129. Обсуждение. Эбонит является изолятором (§ 125), мы говорим, что I T, H P и В F В были *изолированы*. Вы можете видеть, что электризация должна была пройти через I T и H P, чтобы попасть на диск, В F В. Нр был *проводником*, который также позволял заряжать диск. Дерево, Sr, является проводником, и, поскольку оно не было изолировано от земли, Sr было нейтральным. Учитывайте притяжение. (См. § 121.)

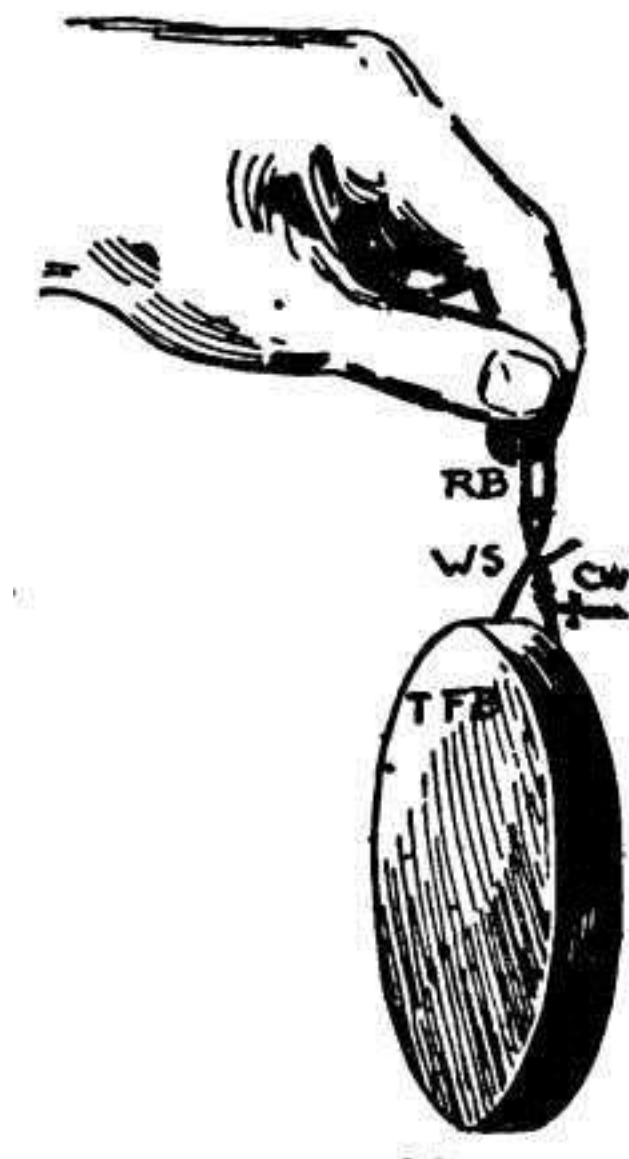


Рис. 33.

ЭКСПЕРИМЕНТ 65. Для изучения проводимости.

Аппарат. Медный провод, Cw (№ 44); изолирующая резиновая лента, Rb (№ 45, [рис. 33](#)); проволочные качели, Ws (№ 37); другая половина плоской коробки, Tfb (№ 41); устройство из [опыта 69](#).

130. Телеграфная линия. Чтобы наша телеграфная линия, использующая электричество трения, была завершена, у нас должны быть: (1) какой-то способ генерирования электричества; (2) какие-то средства передачи его или его эффектов на другой конец линии; (3) какой-то способ показать, что оно было получено там.

Заряженный E S будет источником наэлектризованности. Нью-Йорк будет представлять собой конечную точку, с которой мы *отправляем* сообщение, поэтому в Нью-Йорке у нас должен быть *отправляющий инструмент*. Смотрите [рис. 33](#), который объясняет сам себя. Для *изоляции*

отправителя необходимо использовать полиэтиленовую пленку или шелковую нить. Вокруг одной ножки W_s скручен один оголенный конец *проводника*, C_w .

Бостон будет представлять собой конец строки, по которой принимается сообщение, и там нам понадобится *принимающий инструмент*. Это аналогично устройству, описанному в [Примере 69, рис. 37](#). В дополнение к этому завяжите середину влажной хлопчатобумажной нитью длиной 6 дюймов. вытяните до C_s ([рис. 37](#)), и пусть два его свободных конца лежат сверху и упираются в дно банки, то есть с левой стороны. [Рис. 42](#) даст вам представление о внешнем виде нити; однако сначала она должна прилегать ко дну банки. Скрутите другой оголенный конец медного провода вокруг точки $B\ C$.

Когда линия сконструирована надлежащим образом и готова к использованию, оба прибора и кабель полностью изолированы. Не допускайте, чтобы какие-либо части C_w касались стола или вашей одежды.

131. Указания. (А) Прикоснитесь заряженным эбонитовым листом к изолированному передающему прибору и следите за любым движением в принимающем приборе.

Примечание. Лучшие результаты будут получены при использовании заряженного покрытия электрофоруса в качестве источника электризации вместо ES ([Пример 68.](#))

132. Обсуждение. Действие здесь было таким же, как в предыдущем эксперименте, с той разницей, что использовался более длинный *проводник*. Электрификация всегда ищет какое-то место, чтобы добраться до земли, точно так же, как вода стекает с крыши на землю. Вы поймете больше об этом немного позже. В нашем только что описанном устройстве единственным способом достичь земли был деревянный стержень $S\ R$. Не допускайте мысли, что настоящие сообщения передаются каким-либо таким способом или что электричество течет по проводу, как вода по трубе.

133. Соотношение между проводниками и изоляторами. Приведенные выше термины являются просто относительными. Сухая древесина легко проводит статическое электричество, в то время как гальваническое электричество практически изолировано ею. Вещество может быть изолятором для токов с низким потенциалом, и в то же время оно будет проводить токи с высоким потенциалом. (См. Потенциальный [§ 144.](#))

134. Электрика и неэлектричество. Первые исследователи электричества называли такие тела, как стекло, сургуч, янтарь и т.д., электриками, потому что именно с помощью этих веществ они могли легко производить электризацию. Они называли железо и другие металлы неэлектрическими, потому что не могли обнаружить электризации после трения о них. Можете ли вы объяснить, почему они не обнаружили никакой электризации на металлах? Можете ли вы придумать эксперимент, доказывающий, что металлы могут быть заряжены? Видите ли вы какую-либо связь между неэлектриком и проводником?

ЭКСПЕРИМЕНТ 66. Изучить влияние влаги на изолятор.

Аппарат. То же, что и для [примера 65](#), за исключением медной проволоки; ее следует заменить сухой шелковой нитью длиной около 2 футов (60 см) (№ 33).

135. Указания. (А) Посмотрите, можно ли пропустить заряд через нить таким же образом, как это было через медь. Является ли сухой шелк проводником?

(В) Тщательно намочите нить, стараясь не намочить изолятор резиновой ленты ([рис. 33](#)); проверьте, является ли влажный шелк проводником.

136. Обсуждение. Сухой шелк является изолятором, в то время как влажный шелк является хорошим проводником *статического* электричества. Однако именно вода действительно проводит ток. Даже небольшое количество влаги на стекле или других изоляторах позволит заряду выйти наружу. Стекло собирает много влаги из воздуха. Теперь вы понимаете, почему для получения хороших результатов необходимо нагревать бумагу, стекло и т.д. Перед их электризацией?

ЭКСПЕРИМЕНТ 67. Для проверки воздействия влаги на наэлектризованные тела.

Аппарат. Два куска газеты, каждый площадью около 4 дюймов (10 см).

137. Рекомендации по применению. (А) разогрейте один кусочек до полного высыхания, а другой оставьте холодным.

(Б) погладьте каждую из них, скажем, 10 раз, рукой, прижимая их к столу; затем одновременно положите их на стену, стараясь, чтобы они не касались вашей одежды. Посмотрите, какая из них будет держаться на стене дольше.

ГЛАВА VIII.

ЗАРЯДНЫЕ И РАЗРЯДНЫЕ ПРОВОДНИКИ.

138. Электрофорус. Хотя для многих экспериментов с электричеством трения можно использовать только эбонитовый лист или хорошую гребенку из твердой резины, образующиеся искры невелики, и эбонит приходится электрифицировать так часто, как он разряжается. Чтобы получить действительно хорошие искры и избежать этого постоянного трения, ученику следует снабдить *e-lec-trophy-o-rus*. Это действительно простая, дешевая и эффективная электрическая машина трения. Электрофорус состоит из 2 изоляторов и 1 проводника, то есть из 3 частей: (1) изолирующей ручки, (2) крышки и (3) пластины или основания из изоляционного материала.

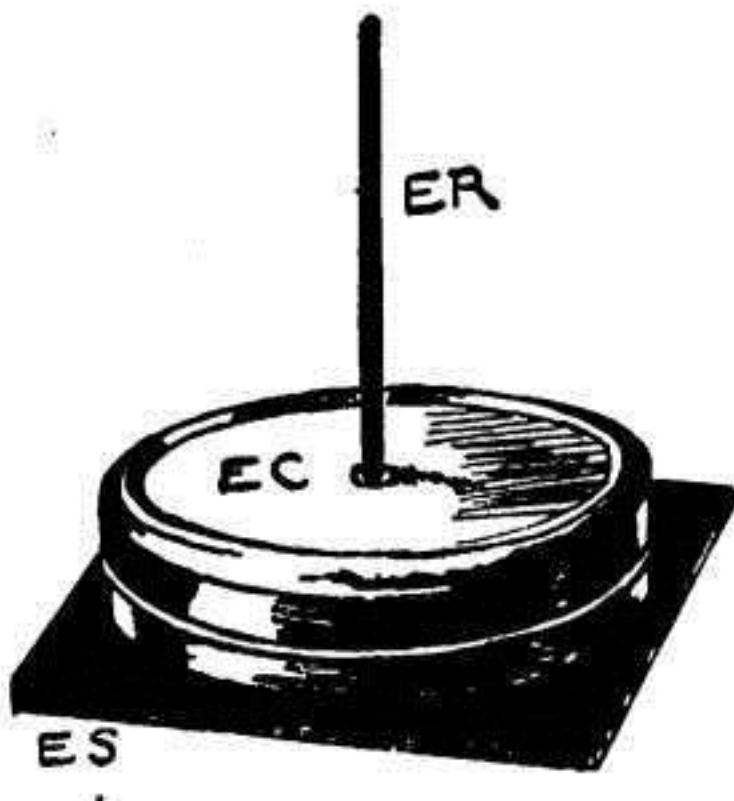


Рис. 34.

139. Наш электрофорус показан на [рис. 34](#). Для изолирующей ручки используйте эбонитовый стержень Er (№ 28); для пластины используйте эбонитовый лист Es (№ 26). Электрофорезная крышка, Е С (№ 42), в комплекте, представляет собой жестяную коробку с причудливой крышкой. В центре его верха было пробито отверстие, и в это отверстие была вделана короткая трубка, чтобы можно было прочно удерживать рукоятку. Отверстие было сделано немного больше, чем Е R, для удобства. Чтобы Е R плотно вставлялся в отверстие и его можно было приподнять, оберните небольшой лист бумаги вокруг конца Е R, прежде чем вставлять его в отверстие. Вы можете легко узнать, сколько бумаги нужно использовать, чтобы она хорошо прилегала. Ножом срежьте все незакрепленные кусочки бумаги, которые торчат из отверстия вокруг Е R; это важно. Верхняя и нижняя части Ес должны быть плотно прижаты друг к другу.

Сначала узнайте, как пользоваться электрофорусом. При большом количестве производимой электрификации мы сможем узнать, как это работает.

ЭКСПЕРИМЕНТ 68. Научиться пользоваться электрофорусом.

Устройство. Показано на рис. 34, 35. *Обязательно прочтите § 139.*

140. Указания. (А) Положите его на *плоский* деревянный стол без покрытия и *энергично* в течение *минуты* протирайте *теплой* фланелью, чтобы она полностью пропиталась. Не позволяйте предмету скользить и не поднимайте его со стола.

(Б) правой рукой возьмитесь за Er на его крайнем конце и положите Es на Е S.

(C) На мгновение прикоснитесь к E_s пальцем левой руки (рис. 35).

(D) Полностью уберите палец с E_s , затем поднимите E_s за изолирующую ручку E_r , одновременно прижимая E_s к столу, если он попытается следовать за E_s



Рис. 35.

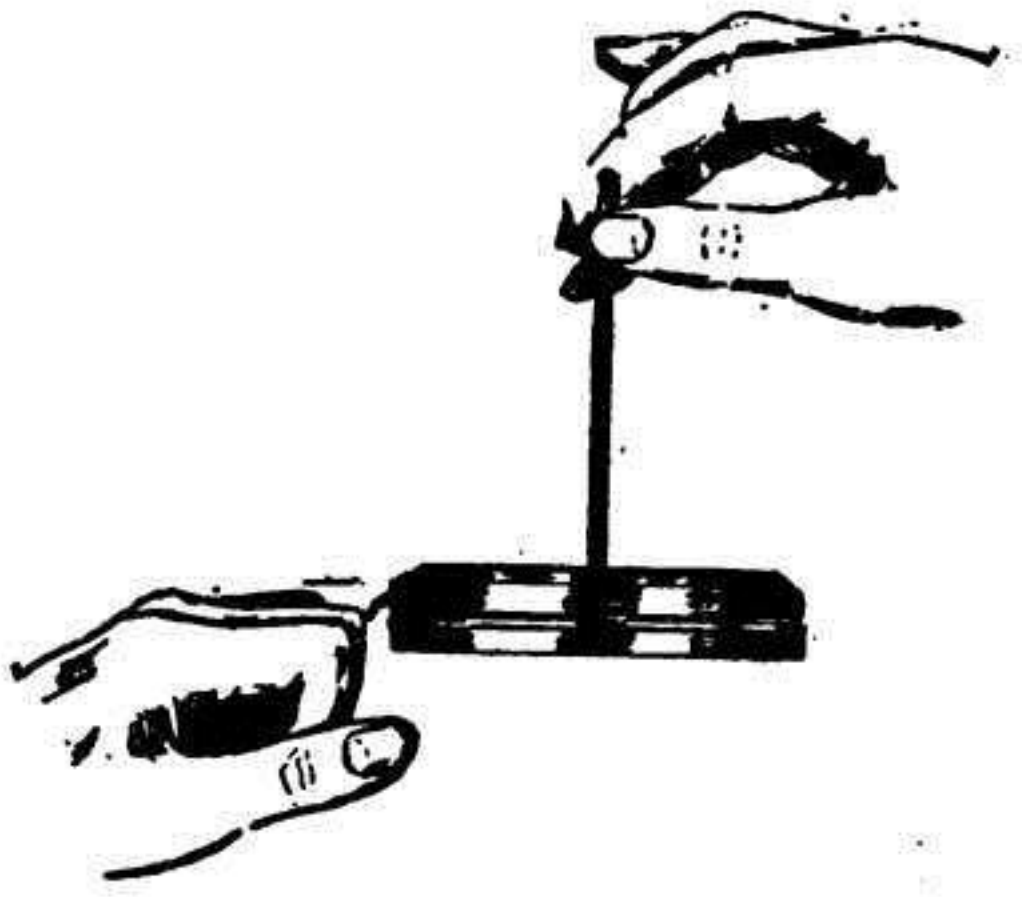


Рис. 36.

(Е) Поднесите левую руку к точке E_s (рис. 36). Вы должны получить хорошую искру от E_s .

(F) Нет необходимости немедленно снова тереть E_s . Вы разрядили E_s , извлекая из него искру. Чтобы *перезарядить* его, просто снова положите на E_s ; оставьте его там, пока вы считаете до 5; прикоснитесь к нему, как и раньше, а затем поднимите за E_R .

141. Дополнительные примечания. Описанную выше операцию можно повторять много раз. Как только искры начнут уменьшаться, снова наэлектризовывайте E_s . Заряд на E_s равен $+$, хотя на E_s равен $-$. Позже вы поймете, почему это так.

Если вы не получите хорошей искры от электрофора, прочтите инструкцию еще раз. Эбонит должен быть хорошо наэлектризован; крышку следует поднимать за *конец* ручки; вы должны *дотронуться* до крышки и *убрать палец от нее* перед тем, как поднимать ее. Каждый раз вы должны позволять крышке оставаться на эбоните 3-4 секунды. Доска или стол, на который опирается E_s , должны быть *плоскими* и не деформированными, чтобы E_s идеально прилегал к E_s .

ЭКСПЕРИМЕНТ 69. Для изучения "заряда за счет проводимости".

Аппарат. Рис. 37. К одному концу шелковой нити, $S T$, привязан немного изогнутый зажим, B_s (№ 46); другой конец $S T$ привязан к опорному проводу, $S W$ (№ 36); дно плоской коробки, $B F B$

(№ 40), поддерживается V_c и, таким образом, *изолировано* от стола и земли; также необходим электрофорез (Пример 68).

142. Указания. (А) зарядите E_c (пример 68) и поднесите его к V_{fb} (рис. 37). Обратите внимание на искру.

(В) повторите (А) дважды, отмечая относительные размеры искр. Продолжает ли $V_F V$ притягиваться $E C$?

(С) Медленно поднесите костяшки пальцев к заряженному диску, $V_F V$.



Рис. 37.

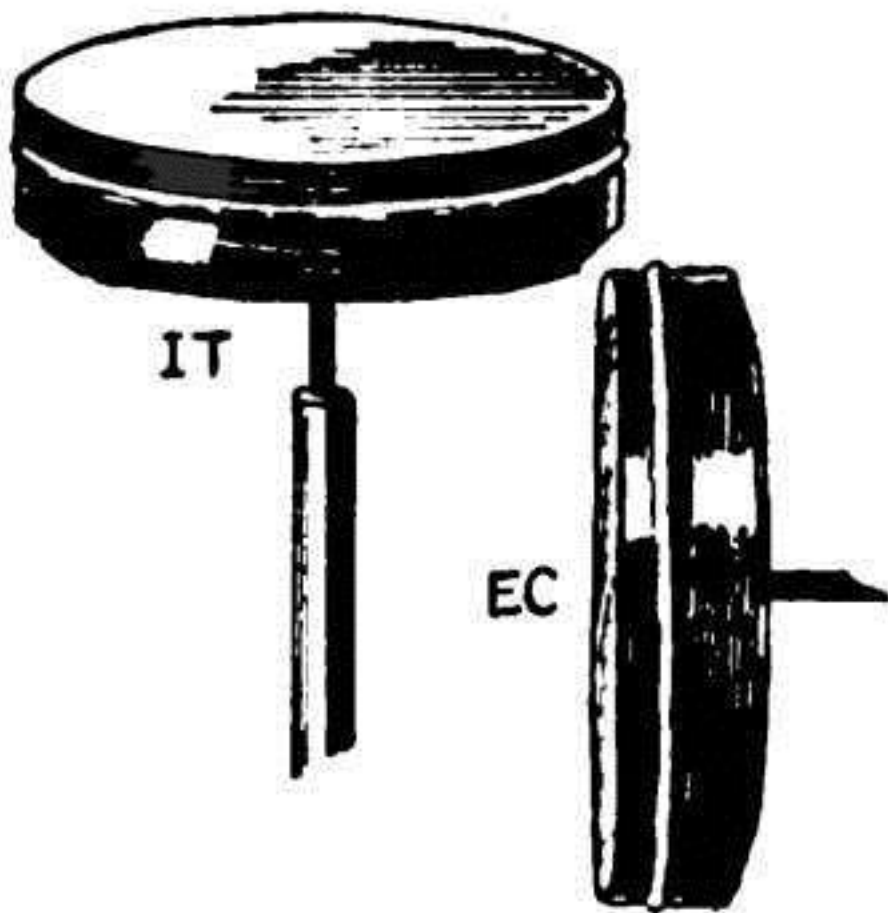


Рис. 38.

ЭКСПЕРИМЕНТ 70. Для изучения потенциала; электродвижущая сила.

Аппарат. Таблица изоляции, IT, [рис. 38](#). (Подробнее см. [Пример 64](#); электрофорез [Пример 68](#)).

143. Указания. (А) пропустите искру от полностью заряженного источника переменного тока ([Пример 68](#)) к IT.

(В) перезарядите ЕС и посмотрите, сколько раз из него будут вылетать хорошие искры, и обратите внимание на относительные размеры искр.

(С) Как только он перестанет выдавать искры из ЕС, прикоснитесь к ЕС, чтобы убедиться, что он полностью разряжен.

(D) Прикоснуться к IT.

144. Давление; Потенциал; Электродвижущая сила. Вода стекает с холма. Она всегда пытается сбежать с высокого места на более низкое. Электрификация в этом отношении действует очень похоже на воду. Мы говорим, что вода имеет *давление*, или *напор* на столько-то футов. Говоря о заряде, мы говорим, что он обладает *потенциалом*, или *электродвижущей*

силой. Вода может иметь высокое или низкое давление, заряд может иметь высокий или низкий потенциал. Чем больше давление воды, тем сильнее она пытается оторваться и куда-то попасть; чем больше потенциал заряда, тем дальше он отскочит от вашей руки.

144а. Ток; Искра. Электрификация легко передается из места с высоким потенциалом в место с низким потенциалом по проводнику, и когда она *проходит*, мы говорим, что у нас есть *электрический ток* или *электрический ток*. Вода не желает течь на мертвом уровне, а электрический ток не стремится протекать между двумя точками с равным потенциалом. Потенциал земли и всех нейтральных тел равен нулю; то есть у них нет заряда, нет потенциала; поэтому заряду очень легко уйти в землю.

Сухой воздух - довольно хороший изолятор, но когда притяжение между заряженным и нейтральными телами становится достаточно сильным, искра проносится прямо сквозь воздух. Бенджамин Франклин экспериментально доказал, что молния вызывается наэлектризованностью облаков и воздуха. (См. [Атмосферное электричество](#).)

145. Теории электрификации. Теория "Одной жидкости" предполагает, что нейтральные тела обладают определенной степенью наэлектризованности и что они обладают определенным потенциалом, называемым нулевым потенциалом. Если потенциал тела становится больше, чем у земли, говорят, что тело положительно наэлектризовано; если потенциал тела меньше, чем у земли, говорят, что оно наэлектризовано отрицательно. Если мы наполняем бутылку морской водой, у нас получается много воды, когда мы сравниваем ее с бутылкой, но очень мало воды, когда мы сравниваем ее с морем. Земля настолько велика, что небольшое количество электричества, взятое из нее или добавленное к ней, никоим образом не влияет на ее потенциал.

146. Теория "Двух жидкостей" предполагает, что существуют два абсолютно разных вида электризации, один из которых называется положительным (+), а другой отрицательным (-). Когда эти два вещества равны по количеству, тело называется нейтральным. Если в теле содержится больше +, чем -, говорят, что тело заряжено положительно.

Тогда, если принять теорию двух жидкостей, очевидно, что независимо от того, насколько сильно тело заряжено положительно, в нем должна быть *некоторая* отрицательная наэлектризованность; то есть мы можем зарядить нейтральное тело +, добавив к нему + наэлектризованность или отняв от него - наэлектризованность. Таким образом, в теле всегда должна быть некоторая наэлектризованность + и -.

Эти теории не требуют особого рассмотрения изучающим элементарное электричество. Лучшее, что он может сделать, - это узнать, на что способно электричество и как его можно использовать.

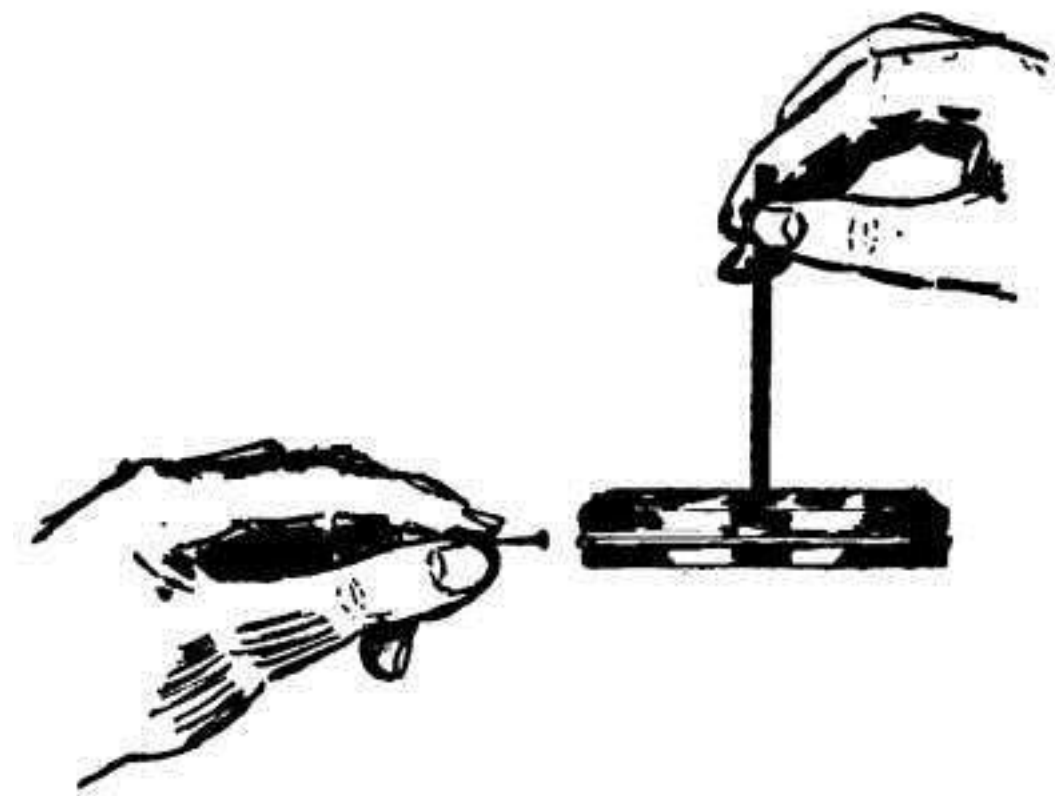


Рис. 39.

ЭКСПЕРИМЕНТ 71. Изучить некоторые методы разряда наэлектризованного тела.

Аппарат. Электрофорус ([Пример 68](#)); обычный штырь ([рис. 39](#)).

147. Примечание. Вы видели, как искры проходят от электрического тока к вашему округлому суставу и к другим проводникам. Во всех этих случаях разряд был *внезапным*, все сделала одна искра. Можем ли мы *медленно* разряжать Ес или разряжать его без звуков?

148. Указания. (А) Тщательно зарядите Ес и проверьте его костяшками пальцев, чтобы убедиться, что он работает должным образом.

(В) снова зарядите Ес; возьмите чеку в левую руку ([рис. 39](#)) и *медленно* поднесите ее *головку* к Ес; прислушайтесь, не появятся ли искры.

(С) перезарядите Ес и медленно приближайте к нему *острие* штифта. Коснитесь Е С, чтобы узнать, был ли он разряжен или нет.

149. Разрушающие, проводящие и конвективные разряды. Внезапные разряды, сопровождающиеся яркими искрами, считаются *разрушительными*. Когда электризация непрерывно уносится проводником, возникает *проводящий* разряд. Существует *конвективный* разряд, когда наэлектризованность выходит из точек в воздух. (См. § 155.) Характер разряда зависит от потенциала заряда, от природы заряженного проводника и от природы окружающего воздуха и предметов. Конвективные разряды часто *бесшумны*, как в [Примере 71](#)

(С). В этом случае электрификация проходила от земли через острие к крышке, чтобы нейтрализовать ее. (См. [Индукцированное электричество](#).)

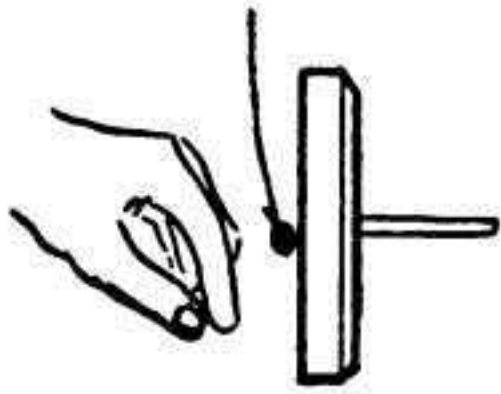


Рис. 40.

ЭКСПЕРИМЕНТ 72. Для изучения прерывистых или поэтапных разрядов.

Аппарат. Электрофорус ([Пример 68](#)); углеродный электроскоп (§ 114), ([Пример 58](#)).

150. Указания. (А) Зарядите Ес, затем возьмитесь рукой за одну сторону углерода ([рис. 40](#)) и удерживайте Ес на противоположной стороне. Что должен делать углерод?

151. Обсуждение. Углерод и электронный блок были изолированы, в то время как рука была "заземлена", то есть соединена с землей. Углерод - хороший проводник; его можно быстро заряжать и разряжать.

ЭКСПЕРИМЕНТ 73. Определить местоположение заряда на наэлектризованном проводнике.

Аппарат. Электрофорус ([Пример 68](#)); изолирующий столик, I T ([пример 64](#)); жестяная коробка, Tb (№ 47), [рис. 41](#); кусок влажной хлопчатобумажной нити, C T, 5 или 6 дюймов. длинная, согнутая вдвое и свисающая с края открытой коробки, Tb. Одна половина Ct должна находиться внутри Tb, которая, в свою очередь, должна стоять на I T.

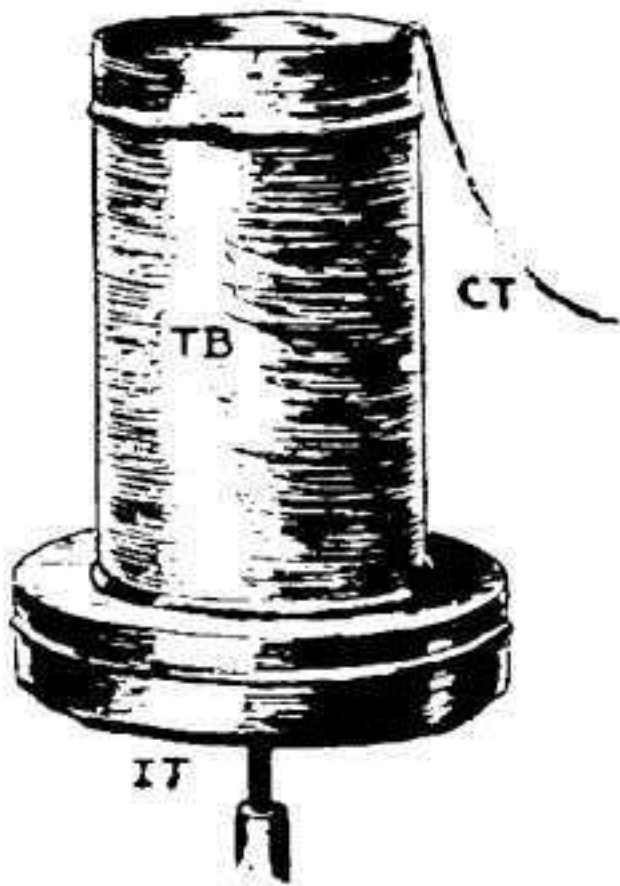


Рис. 41.

152. Указания. (А) зарядите Ес; передайте искру на Тв и отметьте действие обеих частей С Т.

153. Полые и сплошные проводники. Влажная нить, являясь проводником, заряжалась так же, как и коробка. Электризация, казалось, происходила полностью снаружи Т В. Полый проводник будет удерживать такой же большой заряд, как и твердый проводник с такой же площадью поверхности. Это относится к зарядам статического электричества, а не к токам. Электрический ток проходит через все вещество проводника.

ЭКСПЕРИМЕНТ 74. Изучить влияние точек на заряженный проводник.

Устройство. Электрофорус (рис. 34); штифт, слегка согнутый, чтобы он не перекатывался.

154. Указания. (А) Зарядите Ес; проверьте его заряд костяшками пальцев. Убедитесь, что получается хорошая искра.

(В) Снова зарядите Ес и удерживайте его за изолирующую ручку Ег достаточно долго, чтобы досчитать до 10, прежде чем разрядить костяшками пальцев. Убедитесь, что в течение этого времени он сохраняет свой заряд.

(С) Пока Ес находится на Ес (рис. 34), положите согнутую булавку на Ес так, чтобы ее острие выступало в воздух. Острие должно выступать примерно на ¼ дюйма от края Е С.

(D) Прикоснитесь к Ес; поднимите его на Ег; сосчитайте 10, как и раньше; затем проверьте костяшками пальцев, заряжен ли все еще Ес.

155. Электрическая плотность; Электрический ветер. Заряд находится снаружи проводника (Пример 73) и постоянно пытается вырваться наружу. Кажется, что он скапливается в точках и углах, и мы говорим, что в таких местах он более плотный, чем в хорошо закругленных частях заряженного проводника. Все заостренные места должны быть удалены с проводника, если требуется сохранить заряд в течение какого-либо периода времени.

Электризация может исходить из точки так быстро, что в окружающем воздухе возникают токи. Когда частицы воздуха заряжаются, они отталкиваются друг от друга. Движение частиц воздуха может быть настолько сильным, что это повлияет на зажженную свечу, если поместить ее рядом с точкой. Этот поток воздуха называется *электрическим ветром*.

Электризация легко проходит от точек, и электрофорез можно легко и бесшумно разрядить, держа рядом с ним заостренный штырь (Пример 71, С). Шипы, листья с острыми краями и т.д. оказывают большое влияние на атмосферное электричество. Они позволяют бесшумно отводить электричество от земли, нейтрализуя в облаках то, что противоположно по своей природе. (См. [Атмосферное электричество](#).)

ГЛАВА IX.

ВЫЗВАННАЯ ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ.

156. Электрическое поле; Силовые линии. В нашем исследовании магнетизма вы узнали, что магнит может действовать через воздух и превращать кусок железа в магнит. Вы видели, как железные опилки расположились вокруг магнита, показывая, что силовые линии расходятся от полюсов очень своеобразным образом. Вокруг заряженного проводника существует *электрическое поле*, точно так же, как вокруг магнита существует магнитное поле. Силовые линии в электрическом поле проходят от положительно заряженного тела к отрицательно заряженному или к какому-либо нейтральному, что, как вы вскоре увидите, практически одно и то же. Когда положительно заряженная электрофорная оболочка удерживается над отрицательно заряженным эбонитовым листом, между ними возникает очень сильное электрическое поле.

157. Примечание. Вы видели, что мы можем *зарядить* изолированный проводник, *прикоснувшись* к нему заряженной крышкой или пропустив искру к проводнику. Какое воздействие, если таковое имеется, оказывает заряженное тело на изолированный проводник до того, как они коснутся друг друга, и до того, как какая-либо искра попадет на проводник?

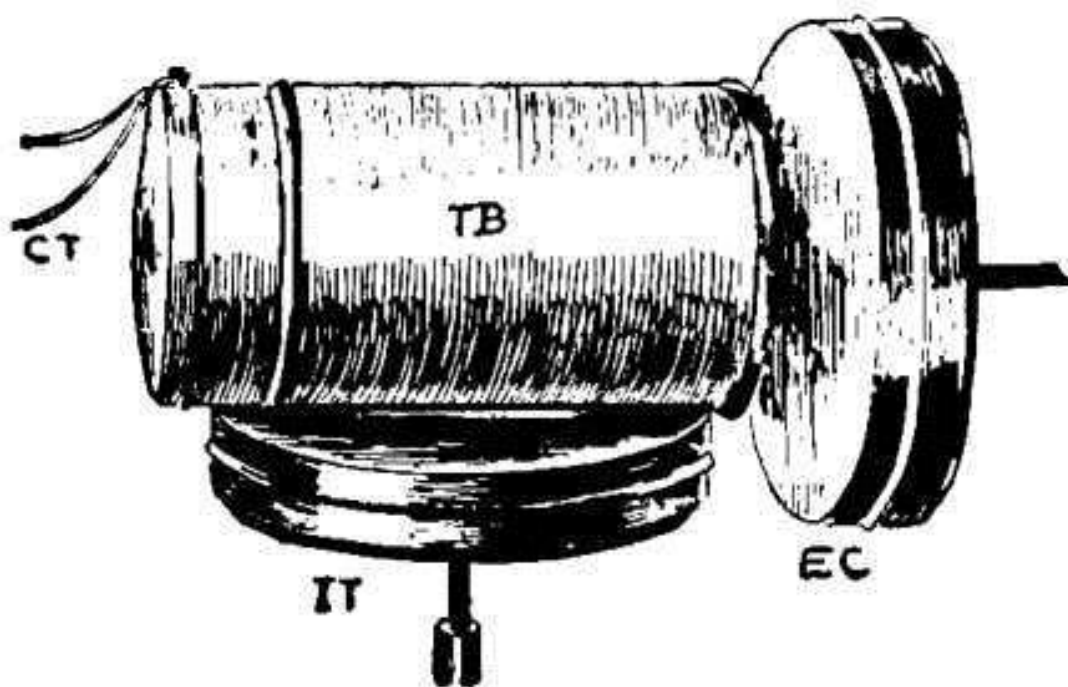


Рис. 42.

ЭКСПЕРИМЕНТ 75. Для изучения электрической индукции.

Устройство. Рис. 42. Изолирующий столик, ИТ (подробнее см. [Пример 64](#)); жестяная коробка, ТВ (№ 47, [рис. 42](#)); влажная хлопчатобумажная нить, СТ; электрофорус ([пример 68](#)); обвяжите СТ вокруг одного конца закрытого ТВ и оставьте концы СТ достаточно длинными, чтобы они свисали с конца. Положите по спичке с каждой стороны плитки, чтобы она не раскатывалась.

158. Указания. *Часть 1.*—(А) пропустите искру от заряженного ЕС к ТВ и обратите внимание на действие нити, которая будет нашим электроскопом. Удалить ЕС.

(В) Прикоснитесь пальцем к заряженному ТВ, наблюдая за СТ.

Часть 2. (С) поднесите повторно заряженный ЕС к нейтрали ТВ и параллельно ее торцевой поверхности; но держите их на расстоянии не менее дюйма друг от друга, чтобы не могла проскочить искра. Смотрите СТ.

(D) уберите ЕС и попытайтесь объяснить действие СТ.

159. Электрическая поляризация; Теория индукции. Этот эксперимент должен напомнить учащемуся [Пример 24](#) из раздела "Магнетизм", в котором кусок мягкого железа намагничивался индуктивным действием магнита. Мягкое железо находилось в магнитном поле; оно стало поляризованным. Возможно ли, что коробка, ТВ, была поляризована, находясь в электрическом поле ЕС?

По действию СТ мы знаем ([рис. 42](#)), что верхний конец ТВ был заряжен, пока ЕС находился на месте. Обвинение не проводилось.

Вы знаете из предыдущих экспериментов, что наэлектризованность + и - возникает одновременно, когда это возможно. Почему мы не можем предположить, что нейтральное тело, подобное коробке в начале, содержит равное количество обоих видов и что эти различные наэлектризованности уже сошлись воедино?

Если вы представите себе небольшую армию позитивных солдат, борющихся "мужчина к мужчине" с таким же количеством столь же сильных негативных солдат, вы легко увидите, что половина из них может удержать другую половину от побега. Таким образом, согласно этой идее, тело остается нейтральным до тех пор, пока оно имеет равное количество двух противоположных видов наэлектризованности. (См. Теории, § 145, 146.)

Как только положительно заряженный Ес был подведен [62] к Тб, он разрушил нейтральность Тб, потянув за его - электрификацию и отодвинув его + электрификацию к верхнему концу и в С Т. Мы говорим, что заряженный Ес произвел разделение объединенных электрификаций Тб посредством *индукции*, а не контакта. Как только индуктивное действие Ес было устранено, Тб снова стал нейтральным.

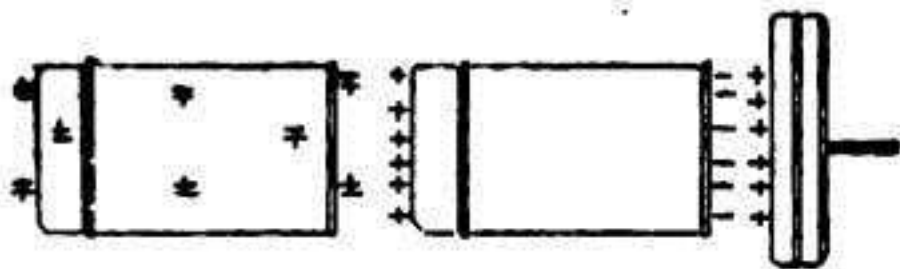


Рис. 43-44.

160. Примечание. Рис. 43 и 44 могут помочь учащемуся. На рис. 43 предполагается, что Тб нейтрален. "Двойной знак" означает, что электрификации + и - объединены; и, поскольку существует равное количество обоих видов, ни один из них не остается свободным рассказать об этом. Рис. 44 показывает, что происходит, когда + Ес находится рядом.

Что произошло бы, если бы мы могли разрезать Тб посередине изолированным ножом, пока он поляризован Ес?

ЭКСПЕРИМЕНТ 76. Научиться заряжать тело индукционным способом.

Устройство. Рис. 42, такой же, как на примере. 75.

161. Указания. (А) Поднесите заряженный Ес на расстояние дюйма от основания Тб, и как только Ст отталкивается, показывая, что Тб поляризован (Пример 75), коснитесь Тб пальцем; затем уберите палец, все еще удерживая Ес на месте.

(В) Уберите Ес и его индуктивное действие. Объясните движения Ст во время эксперимента. Он все еще отталкивается Тб после удаления Ес?

162. Свободная и Ограниченная электрификация. Как объяснено в Примере 75 и как показано на рис. 44, Тб стал поляризованным. Электрификация была притянута к Ес; она удерживалась или *связывалась* там до тех пор, пока Ес был рядом. + на самом деле отталкивался Ес, и он был *свободен* вырваться через вашу руку, как только касался Тб, оставляя

верхний конец Тб нейтральным. Как только Ес был удален, электрификация, больше не удерживаемая Ес, [63] распространилась по всему Тб и на С Т. Тб был *заряжен индукцией*. Он был заряжен отрицательно путем вытеснения + электрификации.

ЭКСПЕРИМЕНТ 77. Показать, что нейтральное тело поляризуется до того, как оно притянется заряженным.

Устройство. Электрофорус ([Пример 68](#)); сухая папиросная бумага, Тр. Вырежьте из Тр 2 куска, каждый площадью около ¼ дюйма.

163. Указания. (А) Разложите кусочки сухого творога на доске или столе и убедитесь, что они одинаково притягиваются заряженным электрическим током.

(В) Слегка смочите только один кусочек Тр. Посмотрите, не притягивается ли Ес один из них легче, чем другой.

164. Поляризация предшествует притяжению. Сухая папиросная бумага не является хорошим проводником; вы видели ([Пример 52](#)), что она может быть наэлектризована, что указывает на то, что она является, по крайней мере, частичным изолятором. Изоляторы нелегко поляризуются. (Почему?) Даже если фрагменты Тр были поляризованы, противоположные наэлектризованности были настолько близки друг к другу, что притяжение Ес для - было почти преодолено отталкиванием для +; в результате Тр не был сильно притянут Ес, пока у + не появился шанс убежать. Влажная папиросная бумага позволила its + выйти быстрее, чем сухой лист. Проводник притягивается заряженным телом сильнее, чем изолятор, потому что последний нелегко поляризуется. Таким образом, нейтральное тело на самом деле перестает быть нейтральным, когда оно находится в электрическом поле. *Притяжению предшествует поляризация.*

ЭКСПЕРИМЕНТ 78. Определить, будет ли электрическая индукция действовать через изолятор.

Устройство. Маленькие кусочки карбона ([Пример 58](#)); кусочки влажной папиросной бумаги, Тр; половинка плоской коробки, Тfb (№ 41); лист стекла, G (№ 38); электрофор ([пример 68](#)). Поместите уголь и творог в форму для выпечки ([рис. 45](#)) и накройте стеклом.

165. Указания. (А) Зарядите крышку электрофоруса, Ес ([Пример 68](#)), немного подвиньте ее над стеклом и посмотрите, притягивается ли углерод и т.д.

166. Диэлектрики. Углерод, должно быть, был поляризован и притягивался *через* стекло. Вы видели, [Пример 7](#), что силовые магнитные линии могут проникать сквозь бумагу, стекло и т.д. и действовать через них; теперь очевидно, что электрическое поле нелегко отгородить даже изолятором. Вещества, подобные стеклу, которые позволяют этому индуктивному воздействию действовать через них, называются *диэлектриками*.

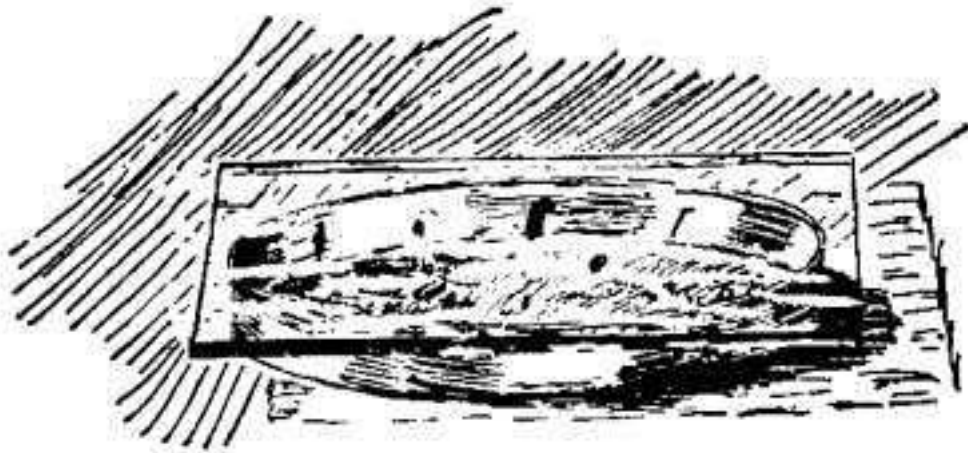


Рис. 45.

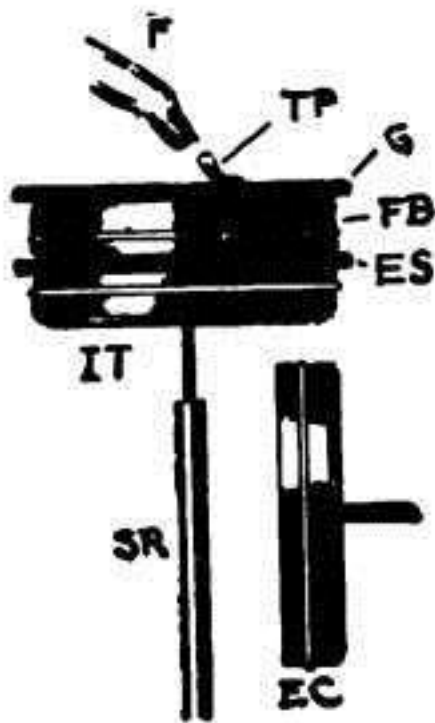


Рис. 46.

ЭКСПЕРИМЕНТ 79. Чтобы выяснить, может ли поляризованный проводник индуктивно воздействовать на другой проводник.

Устройство. Рис. 46. Изолирующий столик, I T (подробнее см. [Пример 64](#)); лист эбонита, E S (№ 27); плоская коробка в комплекте F B (№ 40, 41); лист стекла, G (№ 38); небольшой кусочек слегка влажной папиросной бумаги, T P; заряженная крышка электрофора, E C. Расположите, как показано.

167. Указания. (А) Держите Ес заряженным рядом с Т и под ним, затем поднесите палец F к Т Р. Объясните действие Т Р.

168. Последовательная индукция. Индуктивное влияние Ес сначала поляризовало It; это действовало через диэлектрик Es и поляризовало Fb, который, в свою очередь, поляризовал [65] Тр через второй диэлектрик G. Эта индукция после индукции называется *последовательной индукцией*.

169. Индуктивная емкость. Диэлектрики являются изоляторами. Два вещества могут быть одинаково хорошими изоляторами, то есть они могут одинаково хорошо противостоять *распространению of electrification over their surfaces, or the flow of the electric current* электрического тока через них, в то время как одно из них, тем не менее, может быть лучшим диэлектриком, чем другое. Чем качественнее диэлектрик, тем легче электрическому полю поляризовать проводник, расположенный за пределами диэлектрика. Говорят, что хороший диэлектрик обладает высокой *индуктивной силой или емкостью*. Стекло примерно в 3 раза лучший диэлектрик, чем сухой воздух; и поскольку последний (при определенных условиях) принимается за стандарт или единицу, мы можем сказать, что *удельная индуктивная способность* стекла составляет около 3.

ЭКСПЕРИМЕНТ 80. Изучить действие электрофора.

Аппарат. Электрофорез (Пример 68); маленькие кусочки влажной папиросной бумаги, Т.П.

170. Указания. (А) Тщательно электризуйте Е S, рис. 34, и поместите Е С на него за ручку, Е R.

(В) прикоснитесь к Ес, как указано в Примере 68, и прислушайтесь к небольшой искре, которая должна пройти от Ес к вашему пальцу.

(С) Снова положите небольшой кусочек Тр на Ес, прежде чем опустить его на Ес. Не прикасайтесь к Е С, но поднесите палец к Т Р. Что делает Т Р? Теперь прикоснитесь к Ес и посмотрите, когда поднесете к нему палец, действует ли Тр так же, как раньше.

(D) Снова положите несколько кусочков Тр на зарядное устройство (оно должно быть полностью заряжено); прикоснитесь к Ес, затем поднимите его за ручку. Обратите внимание на действие масла, которое должно быть слегка влажным.

171. Обсуждение. Электризация эбонита отрицательная (Пример 60). Хотя Е S и Е С (рис. 34) кажутся довольно гладкими, между ними много небольших холмов, долин и воздушных пространств, которые не позволяют им идеально соприкасаться друг с другом. Эбонит имеет [66] электрическое поле в начале, и оно действительно действует в этих крошечных воздушных пространствах за счет *индукции* (Пример 75) и поляризует электрическое поле. Воздушные пространства образуют диэлектрик (Пример 78). Наэлектризованность - Ес отталкивается от - Ес, она перемещается к вершине Ес, в то время как + притягивается к основанию. Этот + удерживается от стремительного перехода к - из Ес воздушным диэлектриком, а также потому, что Ес не является проводником. При касании Ес он свободно выходит на землю, оставляя Ес *положительно* заряженным, когда его поднимают.



Рис. 47.

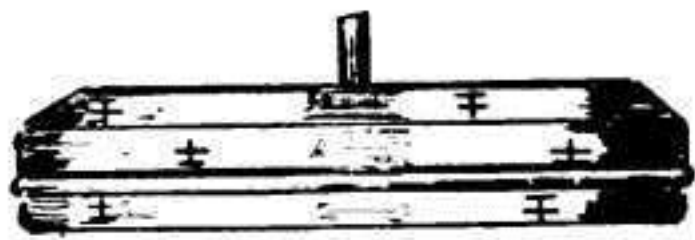


Рис. 48.

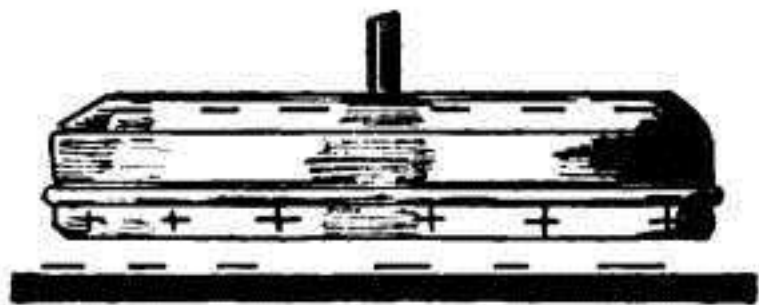


Рис. 49.

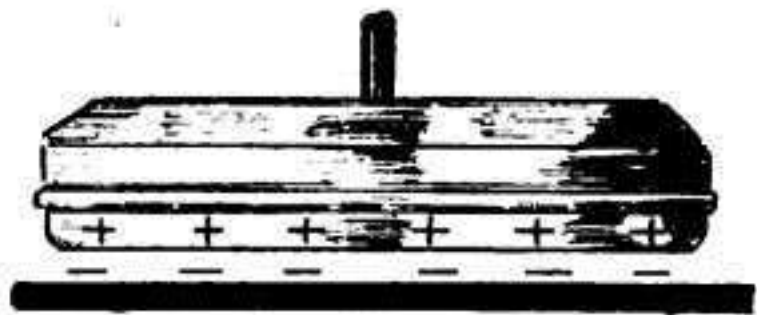


Рис. 50.

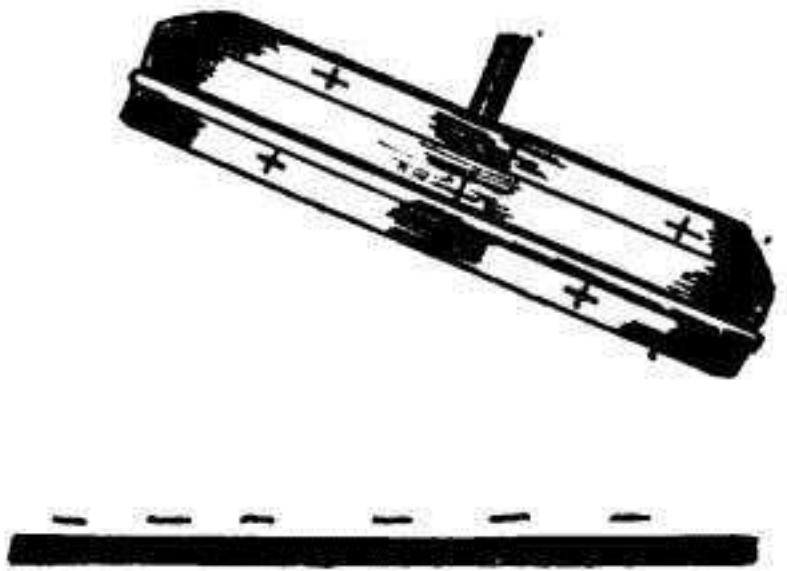


Рис. 51.

172. Детали действия. Различные этапы действия электрофоруса графически показаны на рис. С 47 по 51. На рис. 47 показан отрицательно заряженный элемент. Сначала E_s нейтрален, рис. 48; то есть предполагается, что он содержит как $+$, так и $-$, как показано "двойным знаком" (§ 160). Рис. 49 показывает, что E_s поляризован индуктивным действием E_s . Отраженный $-$ убегает к пальцу (именно этот выброс дал небольшую искру на пальце и зарядил Tr в последнем эксперименте), оставляя верхнюю часть незаряженной, в то время как $+$ связан (рис. 50). Как только E_s поднимается (рис. 51), $+$ распространяется по всему E_s , который затем заряжается. $+$, поднявшись на вершину, зарядил куски Tr (Пример 80, D), заставляя их отталкиваться. Заряд с электрооборудования не был снят, поэтому операцию можно повторять много раз, прежде чем электрооборудование необходимо будет снова наэлектризовать.

- Электрификация на эбоните действует индуктивно через E_s , вытягивая $+$ электрификацию из земли. Чтобы облегчить это действие, под эбонитом часто помещают "подошву", или металлический проводник.

ЭКСПЕРИМЕНТ 81. Увидеть, услышать и прочувствовать результаты индуктивного воздействия и поляризации.

Аппарат. Эбонитовый лист, $E S$ (№ 26); изолирующий стол, $I T$; фланелевая ткань, F_s

173. Указания. (A) Тщательно зарядите $E S F$. Правой рукой поднесите $E S$ близко и параллельно верхней поверхности $I t T$, но не позволяйте им касаться друг друга.

(B) Извлеките устройство, затем коснитесь его, чтобы проверить, заряжено ли оно.

(C) Повторите (A) и, удерживая E_s примерно в $\frac{1}{2}$ дюйма от H_{ee} , чтобы их плоские поверхности были параллельны, коснитесь $E_e T$. Следите за появлением искр и отмечайте любые необычные действия E_s

(D) Уберите палец с нее, затем уберите его; наконец, коснитесь ее костяшками пальцев.

174. Обсуждение. На самом деле этот аппарат представляет собой перевернутый электрофорус. Это очень ясно показывает (1) выход [устранено](#); и (3) [это показывает различные этапы процесса индуцирования и зарядки, как описано в Примере 75](#), и как показано на фиг. 43 и 44.

ГЛАВА X.

КОНДЕНСАЦИЯ НАЭЛЕКТРИЗОВАННОСТИ.

ЭКСПЕРИМЕНТ 82. Определить, будет ли большая поверхность удерживать больше электричества, чем маленькая.

Аппарат. Изолирующий стол (подробнее см. [Пример 64](#)); большой жестяной таз или кастрюлю (не прилагаются); электрофорез ([Пример 68](#)).

175. Указания. (A) Протестируйте электрофорус и убедитесь, что он работает должным образом.

(B) Как и в [примере 70](#), посмотрите, сколько хороших искр I T получит от E C (который следует перезаряжать при каждом испытании), прежде чем потенциал I T будет повышен до уровня потенциала E C.

(C) Осторожно установите таз или сковороду на огонь, затем подсчитайте количество хороших искр, которые вы можете передать в нее от источника переменного тока (перезаряжайте при каждой попытке). Сравните количество искр, необходимое для повышения потенциала большой поверхности до тех пор, пока оно не сравняется с потенциалом Eс, с числом, указанным в части (B).

176. Электрическая мощность. Чтобы поднять температуру галлона воды со льдом до точки кипения, требуется больше тепла, чем для литра воды со льдом. Вы только что видели, что большая изолированная поверхность будет воспринимать больше искр от заряженного тела, чем маленькая, прежде чем ее потенциал повысится до потенциала маленькой поверхности и заряжаемого тела. Мы говорим, что большая поверхность обладает большей *вместимостью*, чем маленькая, при одинаковой форме и других условиях.

ЭКСПЕРИМЕНТ 83. Определить, можно ли увеличить пропускную способность данного проводника без увеличения его размера.

Устройство. [Рис. 52](#). Изолирующий стол. I T ([Пример 64](#)); дополнительный лист эбонита, E S (№ 27); полная плоская коробка, Fb (№ 40, 41); заряженная электрофорная крышка, E C ([пример 68](#)). Расположите, как показано, его изолированным от земли с помощью Es. Fb должен опираться на деревянный стол или другой большой проводник.

177. Указания. (A) Посмотрите, сколько хороших искр он получит от E C. Перезаряжайте Eс при каждом подсчете и обратите внимание на относительные размеры искр.

(Б) разрядите его, прикоснувшись к нему костяшками пальцев.

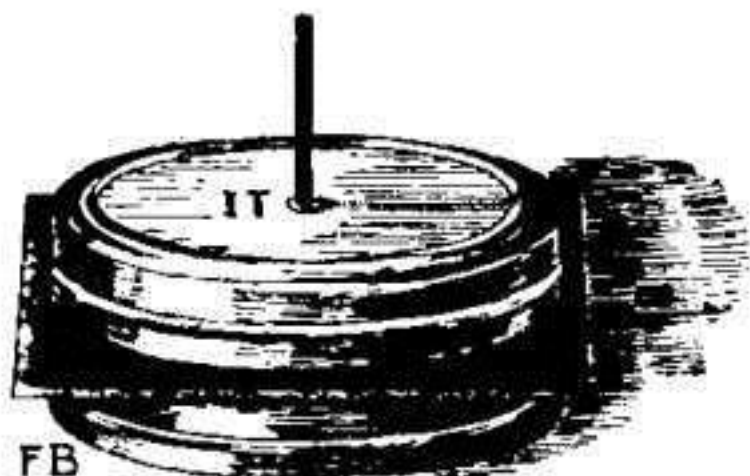


Рис. 52.

178. Конденсация; Конденсаторы. Поскольку он легко удерживал больше искр, чем требовалось раньше (пример 70), мы говорим, что его *мощность* была увеличена. Его потенциал не увеличился, потому что он не мог превысить потенциал E_s , заряжающего тела. Чтобы описать это положение дел, мы скажем, что наэлектризованность была более плотной, чем раньше, и что она была *конденсированной*. *Пропускная способность IT была значительно увеличена за счет наличия другого проводника, Fb , изолированного от IT , но "заземленного"*. Такая комбинация из 2 проводников с диэлектриком между ними называется конденсатором.

Конденсатор может удерживать гораздо больше электричества при определенном потенциале, чем может удерживать равный объем поверхности при неправильном расположении. Мы могли бы назвать конденсатор аккумуляторной батареей статического электричества. Емкость конденсатора зависит, среди прочего, от площади проводящих поверхностей, а также от толщины и природы диэлектрика. Среди различных форм конденсаторов можно упомянуть лейденскую банку и молниеносную форточку.

179. Лейденская банка представляет собой стеклянную банку с широким горлышком, обклеенную изнутри и снаружи фольгой на расстоянии 2-3 дюймов от верха. Внутреннее покрытие или проводник соединен с ручкой или шариком наверху с помощью цепочки. Чтобы зарядить банку, внешний слой соединяют с землей, удерживая его в руке или положив на стол, пока напряжение передается на ручку. *Лейденская батарейка* состоит из 2 или более соединенных банок, цель которых - увеличить площадь поверхности. Банку разряжают, прикоснувшись одним концом *разрядника* (§ 188) к наружному слою и поднеся другой конец к ручке, когда между ручкой и разрядником проскочит яркая искра. (См. Пример 86.)

180. Молниеносные стекла, или Пластины Франклина, практически ничем не отличаются от Лейденской банки. Однако жестяная фольга наклеивается на противоположные стороны оконного стекла с оставлением по всему периметру поля примерно в дюйм. Одна сторона стекла заряжена и заменяет внутренний слой банки. Другая сторона заземлена. Стекло разряжается путем соединения двух листов фольги.

181. Конденсаторы с индукционными катушками состоят из листов оловянной фольги, разделенных листами парафинированной бумаги, которые действуют как диэлектрик. (См. [Индукционные катушки](#).)

182. Подводные кабели окружающей водой действуют как конденсаторы, в результате чего эффект конденсации замедляет электрический ток и задерживает сигналы. Из них получается конденсатор огромной емкости. Провода внутри образуют один проводник, а вода - другой, в то время как изоляция вокруг проводов образует диэлектрик.

ЭКСПЕРИМЕНТ 84. Изучить конденсацию наэлектризованности.

Аппарат. То же, что и в предыдущем эксперименте, но расположите так, чтобы Fb и It были рядом друг с другом с одной стороны; то есть так, чтобы края Es были на одном уровне с краями двух формочек.

183. Указания. (A) направляйте на него сильные искры от заряженного источника питания, пока что-нибудь не произойдет. Следите за той стороной, где It и Fb находятся рядом друг с другом.

184. Обсуждение. Мы можем сказать, что в этом эксперименте наэлектризованность конденсировалась до тех пор, пока заряд не стал настолько большим, что *конденсатор* внезапно разрядился сам. Конденсаторы могут быть изготовлены разными способами, но все они состоят из двух проводников с диэлектриком между ними. Один проводник изолирован и принимает заряд; другой проводник заземлен.



Рис. 53.

ЭКСПЕРИМЕНТ 85. Изучить действие конденсатора.

Устройство. Рис. 53. Изолирующий стол, I T; эбонитовый лист, E S (№ 27); плоская коробка, Fb, в комплекте (№ 40, 41); электрофорез (Пример 68). Обратите внимание, что это действительно то же устройство, что и только что использованное; однако оба проводника этого конденсатора изолированы и расположены в обратном порядке.

185. Указания. (А) Убедитесь, что ваш электрофорус работает должным образом, затем выясните, сколько хороших искр вы можете передать от источника питания к источнику питания, каждый раз перезаряжая его. Обратите внимание на относительные размеры искр и сравните результат с количеством, полученным конденсатором в последнем эксперименте.

(В) Когда вам покажется, что аккумулятор полностью заряжен, коснитесь его костяшками пальцев. (Из вашего исследования индукции, каким должен быть результат?)

(С) Теперь посмотрите, будет ли Fb снова получать хорошие искры от заряженного E S. Передавайте искры на Fb до тех пор, пока он не станет полностью заряженным.

(D) Снова прикоснитесь к I T, затем повторите (А) и (В) несколько раз, пока яркая искра не пройдет от Fb через край E S к I T.

186. Обсуждение. Действие конденсатора, как ясно показано, зависит от индукции. Теперь вы должны быть в состоянии объяснить и показать на диаграмме различные шаги.

Es был заряжен положительно (опыт 80). Это также положительно заряжало Fb при контакте. Fb действовал индуктивно через диэлектрик, Es, притягивая *некоторое* количество - в Нем и отталкивая *некоторое* количество +. Поскольку он был изолирован, эта свободная электрификация не могла ускользнуть. До того, как мы прикоснулись к нему, его + и - электризации, хотя и частично разделенные, боролись с этим индуктивным действием; и из-за их сильного притяжения друг к другу наши усилия по зарядке конденсатора были замедлены. При прикосновении к нему free + вырвался на землю. (Это и стало причиной искры.) Это оставило *некоторую* - электрификацию, связанную с нижней стороной E S, и некоторую +, связанную с верхней стороной E S. Емкость Fb была увеличена этим процессом, поскольку +, уже вложенный в него, был в значительной степени занят привлекательностью индуцированного - как раз под E S. По мере того, как больше + подавалось на Fb, больше - втягивалось под E S и больше + выталкивалось из I T. Это действие продолжалось до тех пор, пока два проводника не были сильно и противоположно заряжены. Это действие продолжается непрерывно, когда нижний проводник заземлен. Искра между банками возникла из-за того, что + и - наэлектризовались; это показывало, что произошел *кратковременный электрический разряд*.

ЭКСПЕРИМЕНТ 86. Изучить действие электрических разрядов на организм человека.

Аппарат. Конденсатор (рис. 52), расположенный по центру, чтобы устройство не могло саморазрядаться; шпилечный разрядник, Hpd (№ 48); электрофорез.

187. Указания. (А) Зарядите конденсатор (Пример 83) 10 хорошими разрядами от источника переменного тока, затем прикоснитесь к нему (рис. 52).

(В) зарядите конденсатор на 10 разрядов, затем прикоснитесь к F В. Разрядите его, снова прикоснувшись к нему, как показано в (А).

(С) перезарядитесь с помощью 10 разрядов; затем приложите большой палец к Fb и быстро переместите первый палец той же руки к нему, чтобы получить легкий удар.

(D) зарядитесь таким количеством искр, какое, по вашему мнению, сможете выдержать.

(Е) Вместо того чтобы разряжать конденсатор рукой, попробуйте использовать изогнутую шпильку для волос. Упираясь одним концом в Fb, перекиньте другой конец около I Т.

188. Электрошокеры; Разрядники. Поскольку два проводника в конденсаторе заряжены противоположно (Пример 85), необходимо только поместить какой-нибудь проводник между ними, чтобы заряды могли устремляться друг к другу. Любой проводник, используемый таким образом, называется *разрядником*. На руку пришелся весь ток, который вызвал *шок*. Когда к нему прикоснулись в первый раз, ток должен был пройти через ваше тело, через пол и вверх по ножкам стола в Fb. Всегда сначала прикасайтесь разрядником к "заземленному" проводнику, чтобы получить хорошую искру, а не получить удар током.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 87-88. Показать сильное притяжение между противоположными наэлектризовываниями в конденсаторе.

Аппарат. Плоская коробка, Fb (№ 40, 41); лист стекла, G (№ 38); электрофор (Пример 68). Две части Fb используются для проводников конденсатора (рис. 54) для большей легкости. Донышки должны располагаться рядом со стаканом, который используется в качестве диэлектрика из-за его жесткости. Нижняя банка должна лежать на столе. Стекло должно быть идеально чистым и сухим (горячим).

189. Указания. (А) зарядите конденсатор на 15 или 20 хороших разрядов от сети переменного тока.

(В) поднимите конденсатор за один угол G (рис. 54), стараясь не разрядить его. Объясните, почему нижний проводник проходит вдоль стекла.



Рис. 54.

ЭКСПЕРИМЕНТ 88.

190. Указания. (А) зарядите и поднимите конденсатор, как только что объяснено (Пример 87). Рис. 54.

(Б) Правой рукой дотроньтесь только до верхней банки, затем только до нижней.

(С) прикоснитесь к обеим формочкам одновременно и обратите внимание на действие нижней.

191. Обсуждение. Это ясно показывает, насколько сильно *связаны* две электризации в конденсаторе. Каждый отказывается бежать на землю, но при первой возможности они немедленно устремляются друг к другу. В очень сильно заряженном конденсаторе диэлектрик может разрушиться из-за этого сильного притяжения.

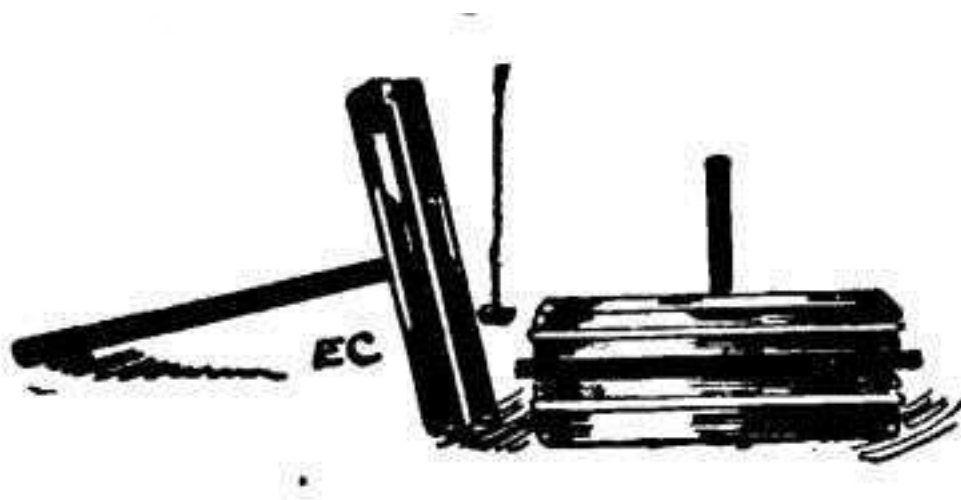


Рис. 55.

ЭКСПЕРИМЕНТ 89. Чтобы показать, как конденсатор может медленно разряжаться.

Устройство. Рис. 55. Конденсатор (Пример 83); углеродный электроскоп с подставкой (Пример 58); электрофорус (пример 68).

192. Указания. (А) Зарядите конденсатор с помощью электрофоруса; затем подвесьте углерод так, чтобы он мог качаться между верхним проводником и электропроводом, расположенным, как показано на рисунке.

193. Электрический перезвон. Поскольку загрузка и выгрузка углерода происходит быстро, он действует как *перезвон*, постукивая по формочкам.

ЭКСПЕРИМЕНТ 90. Определить местоположение заряда в конденсаторе.

Аппарат. Конденсатор, состоящий из плоской коробки, Fb (№ 40, 41); эбонитового листа, Es (№ 27); изоляционного стола, I T (Пример 64); (при зарядке располагайте, как на рис. 52.); электрофоруса; шпилечного разрядника, Hpd (№ 48).

194. Указания. (А) зарядите конденсатор на 15 или 20 хороших разрядов от сети переменного тока.

(B) отодвиньте его от себя за изолирующую ручку и поставьте на стол. (Возможно, потребуется удерживать E S нажатой.)

(C) поднимите E S прямо вверх и в сторону от F B. (поднимите за 2 угла; не царапайте E S по Fb; не допускайте, чтобы E S касались вашей одежды.)

(D) Быстро замените E S, а затем I T за ручку, чтобы конденсатор снова был укомплектован.

(E) С помощью Hpd проверьте, сохраняет ли конденсатор заряд. Сначала коснитесь Fb ([Пример 86](#)).

195. Обсуждение. Поскольку *проводники* были полностью разряжены, оставленные на несколько мгновений на столе, очевидно, что противоположная наэлектризованность должна находиться в *диэлектрике* и на нем. Проводники обеспечивают равномерный и *быстрый* разряд из всех частей диэлектрика одновременно. Диэлектрик испытывает значительное напряжение, когда конденсатор сильно заряжен. Это напряжение, вызванное притяжением противоположных электрификаций, может быть достаточно большим, чтобы разорвать или проколоть диэлектрик.

ЭКСПЕРИМЕНТ 91. Чтобы определить, остается ли какая-либо наэлектризованность в конденсаторе после его разрядки.

Аппарат. Конденсатор ([рис. 52](#)); электрофорез ([Пример 68](#)); шпилечный разрядник, HPD

196. Указания. (A) Тщательно зарядите конденсатор.

(B) разрядите его с помощью Hpd, обязательно коснувшись сначала Fb и на мгновение прикоснувшись к нему, пока Hpd находится напротив Fb.

(C) Через несколько мгновений снова используйте Hpd и посмотрите, появится ли небольшая искра.

197. Остаточный заряд. Две наэлектризованности на противоположных сторонах диэлектрика обладают таким притяжением друг к другу, когда конденсатор заряжен, что кажется, будто они проникают в диэлектрик или впитываются в него. Они не полностью разряжаются при разряде. Оставшееся небольшое количество называется *остаточным зарядом*.

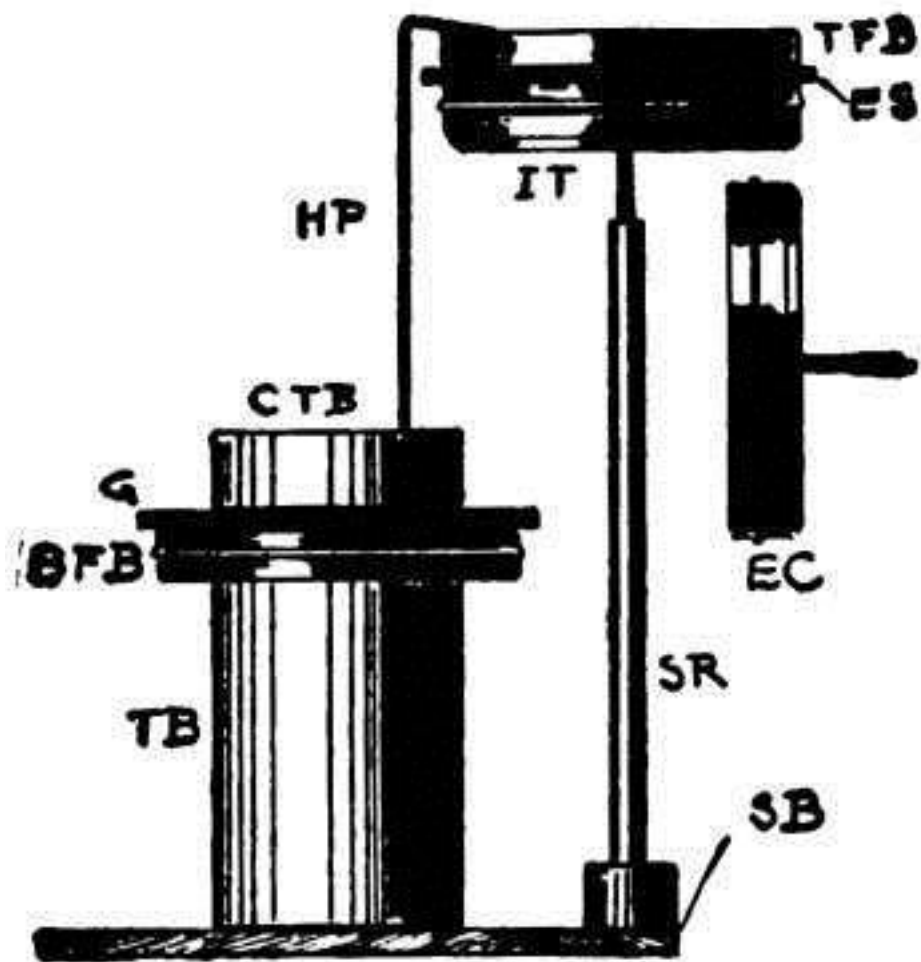


Рис. 56.

ЭКСПЕРИМЕНТ 92. Для изучения последовательной конденсации; каскад перезвонов.

Аппарат. Рис. 56. На самом деле он состоит из двух конденсаторов, соединенных проволокой. Верхний конденсатор состоит из Tfb (№ 41), Es (№ 27) и изолирующего стола, IT. (См. [Пример 64.](#)) Нижний конденсатор состоит из крышки жестяной коробки, СТ В (№ 47), листа стекла G (№ 38) и В F В (№ 40). Жестяная коробка, Tb (№ 47), помещается под нее, чтобы просто поднять ее. Проволока или шпилька для волос Нр подвешивается к краю Tfb, ее нижний конец находится внутри Ct В и не совсем касается его. Это действует подобно маятнику, который в нужное время поворачивается в положение C, Т, В. Источником наэлектризованности является Е С.

Примечание. Вы узнали, что при зарядке конденсатора положительно заряженным электрическим током + электричество передается от Fb в землю. Можем ли мы использовать это для зарядки второго конденсатора?

198. Указания. (А) пропустите 15 или 20 хороших искр от электрического тока к нижней стороне корпуса ([рис. 56](#)), отмечая действие НР

(B) Возьмите E C в руку и с помощью изолирующей ручки отодвиньте H P от конденсаторов. Не разряжайте их.

(C) С помощью Hrd проверьте заряд нижнего конденсатора, сначала прикоснувшись к Tb.

(D) С помощью H P D сначала коснитесь кнопки Tfb (почему?) и разрядите верхний конденсатор.

199. Обсуждение. Таким образом можно заряжать длинный ряд конденсаторов. В этом нет никакого преимущества, поскольку электрификация просто распределяется между ними. Как можно соединить два конденсатора, чтобы получить преимущества большой поверхности?

ГЛАВА XI.

ЭЛЕКТРОСКОПЫ.

200. Электроскопы - это приборы, показывающие наличие, относительную величину или вид наэлектризованности тела. (Смотрите Справочник по приборам, глава XVIII, о самодельных электроскопах.) Углеродный электроскоп был описан (Пример 58). Пробковый электроскоп изготавливается с использованием сердцевины бузины, стеблей кукурузы или молочая вместо углерода. Электроскоп с позолотой - очень тонкий инструмент. Сусальное золото поддерживается, как показано на рис. 57, на нижнем конце проволочного проводника, который проходит сквозь пробку стеклянной банки или колбы и свисает с нее. К верхнему концу проволоки припаян шарик или диск. Стеклянная банка изолирует сусальное золото и сохраняет его сухим и свободным от пыли.

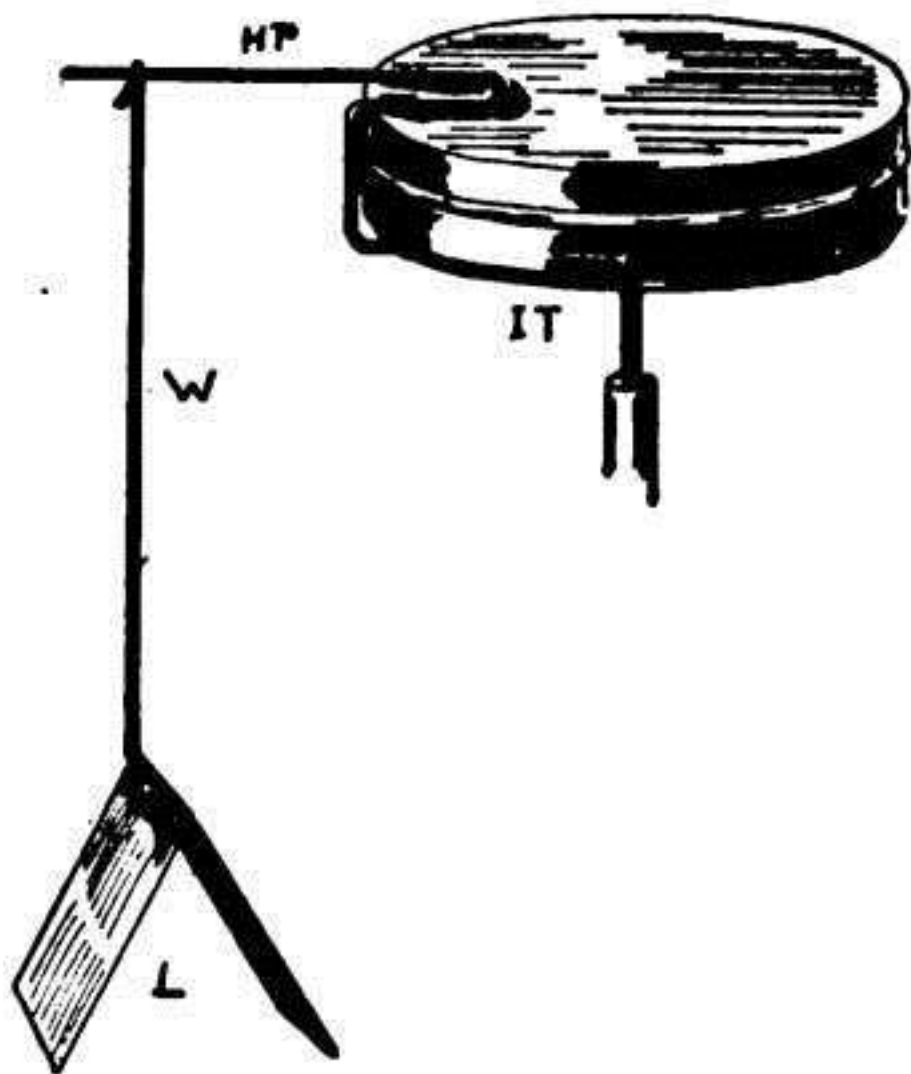


Рис. 57.

201. Наш листовой электроскоп (рис. 57) изготовлен из листового алюминия. Сусальное золото слишком деликатно для неумелого обращения, а алюминий подойдет для всех обычных экспериментов. Чтобы придать ему любую желаемую форму, поместите его между двумя листами бумаги, затем прорежьте бумагу и все остальное.

202. Строительство. Согните одну ножку шпильки Нр, как показано на рис. 57, и наденьте ее на I. Т. Подвесьте проволоку W или другую шпильку для волос выпрямленной, а затем согнутой, к горизонтальной ножке Нр. Это предназначено для поддержки "листьев" L, которые сделаны из полосы алюминиевого листа длиной около 4 дюймов и шириной $\frac{3}{4}$ дюйма. Смочите нижнюю сторону горизонтальной части W пастой или слизи; прижмите ее к середине полоски, разложенной плашмя на столе, а затем приподнимите W. Листья должны прилегать к W. Таким образом, каждый лист должен быть 2 дюйма в длину. Они должны свисать близко друг к другу, когда не используются. Можно использовать большую трубу или банку для фруктов, чтобы окружить листья и не пропускать к ним потоки воздуха. При разложении листья не должны касаться стенки банки.

ЭКСПЕРИМЕНТ 93. Изучить листовой электроскоп; зарядка проводимостью.

Аппарат. Листовой электроскоп (рис. 57, § 201, 202); эбонитовый стержень, Er (№ 28); фланелевая ткань, Fc (№ 30).

203. Указания. (А) Тщательно заправьте Er, затем соскребите его с поверхности, отмечая действие листьев L.

(Б) Посмотрите, останутся ли листья распущенными в течение некоторого времени.

(С) прикоснитесь к нему, чтобы разрядить, и обратите внимание на действие L.

204. Обсуждение. Никаких объяснений по этому поводу не требуется. Одинаково ли заряжены листья? Поскольку они были заряжены при контакте, является ли наэлектризованность на них + или -?

ЭКСПЕРИМЕНТ 94. Зарядить листовой электроскоп индукционным способом.

Аппарат. Наш электроскоп (рис. 57, § 202); эбонитовый лист, E S (№ 27); фланелевая ткань, F C (№ 30).

205. Указания. (А) Зарядите E S Fc, затем держите E S над I T (рис. 57), их поверхности должны быть параллельны и находиться примерно в 2-3 дюймах друг от друга. Следи за листьями.

(В) извлеките ES. Листья остаются распущенными?

(С) повторите (А), и перед удалением E S коснитесь I T.

(D) Уберите палец с листа, затем выньте Es. Листья теперь остаются расправленными?

206. Обсуждение. Постоянное расхождение L было вызвано зарядом, создаваемым индукцией. (Пример 76.) Поскольку E S был -, какого рода был заряд в L? Поступала ли какая-либо электризация на электроскоп от E S? В (С) что стало с зарядом в L? Объясните, почему[79] листья снова разошлись в (D). Электроскоп был заряжен + электризация при извлечении из него.

ЭКСПЕРИМЕНТ 95. Научиться пользоваться электроскопом.

Аппарат. Наш электроскоп (рис. 57, § 202); эбонитовый стержень, Er (№ 28); эбонитовый лист, Es (№ 27); стекло, G (№ 38); фланелевая ткань, Fc (№ 30).

207. Указания. (А) Заряженный Er заряжает электроскоп отрицательно за счет проводимости (Пример 93). Обратите внимание на степень постоянного расхождения листьев.

(В) Наэлектризуйте стакан, который будет иметь значение + (или используйте значение + Es), и медленно опустите его над ним, отмечая эффект, оказываемый на L. Поднимите и опустите G или Es несколько раз. Заставляет ли G, заряд которого противоположен заряду электроскопа, L расходиться больше или меньше?

(С) разрядите электроскоп и перезарядите, как показано в (А).

(D) Медленно опустите заряженный E S над I T.

(E) Медленно опустите ладонь на I T.

Примечание. Если + G поднести слишком близко к сильно заряженному электроскопу, L сначала разрушится, а затем мгновенно снова разойдется с + зарядом при контакте. Следует соблюдать *первые* движения.

208. Обсуждение. Поскольку нейтральное тело вызывает небольшое *сворачивание* листьев, а также тело, заряженное положительно (когда заряд в листьях равен -), увеличение расхождения действительно является единственным надежным тестом, позволяющим определить, как заряжено тело. - Листья сворачиваются, когда тело + приближается к нему, потому что - в них вытягивается вверх по направлению к телу. Листья расходятся сильнее, когда к ним приближается - тело, потому что - in It T отталкивается от них.

209. Плоскость доказательства. Поскольку заряды статического электричества находятся снаружи проводников, легко взять образцы наэлектризованности. Это можно сделать с помощью небольшого прибора, называемого носителем, или пробоотборником. Он состоит из небольшого проводника с изолирующей ручкой. Для проводника можно использовать кольцо или монету[80], а для ручки - шелковую нить. При прикосновении носителя к любому заряженному телу оно также становится заряженным; и природу заряда можно определить с помощью предварительно заряженного листового электроскопа ([Пример 95](#)). Тонкий электроскоп из листового золота вышел бы из строя при контакте с сильно заряженным телом. Носитель позволяет протестировать небольшой образец.

ГЛАВА XII.

РАЗНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ.

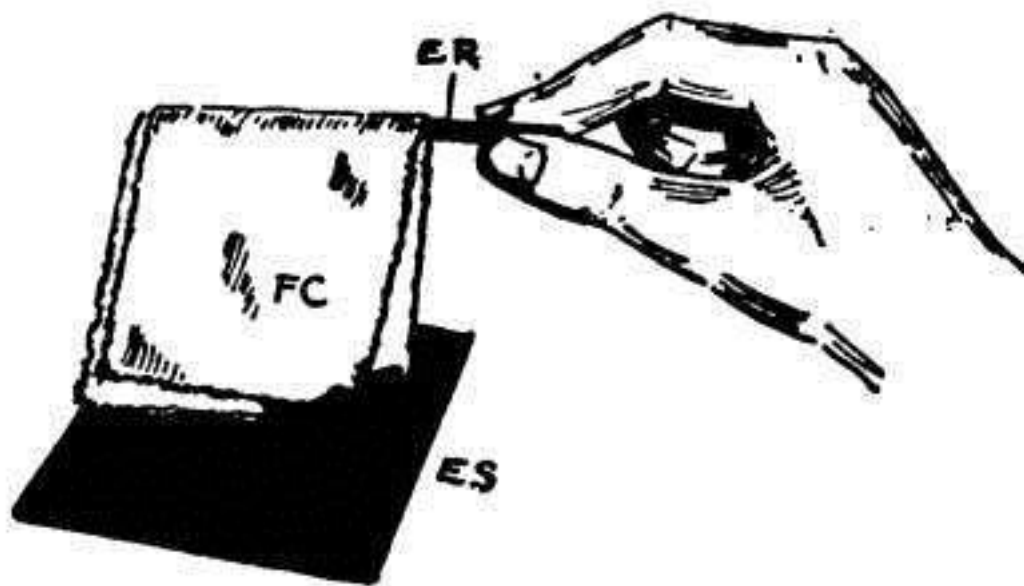


Рис. 58.

ЭКСПЕРИМЕНТ 96. Показать, что трение всегда вызывает электризацию двух видов.

Устройство. Рис. 58. Угольный электроскоп (Пример 58); фланелевая ткань, Fc, сложенная вдвое, чтобы получить толщину 4 (см. Рис. 58); эбонитовый лист, Es (№ 26); эбонитовый стержень, Er (№ 28); крышка заряженного электрофора, Ec

210. Указания. (А) энергично разотрите E C C (сложите, как показано на рис. 58). Посмотрите, сможете ли вы обнаружить какое-либо притяжение между ними.

(В) Снова потрите кожу, но не снимайте ее одной рукой. Подсуньте E R под верхнюю складку в F C (рис. 58) и поднимите F C прямо из E S. Не позволяйте F C прикасаться к столу или вашей руке.

(С) Проверьте, заряжен ли Fc, используя 2 или 3 разных теста.

(D) заряжайте электроскоп жидкостью Fc до тех пор, пока углерод не начнет сильно отталкиваться.

(E) Медленно поднесите положительно заряженный Ec к углероду и обратите внимание на результат.

(F) Медленно поднесите отрицательно заряженный Es к углероду, который был заряжен при контакте с Fc

211. Обсуждение. Этот эксперимент показал, что, хотя эбонит был заряжен отрицательно, фланель была заряжена положительно. Один вид электрификации никогда не производится без другого. Также можно показать, что эти два вида равны по количеству.

ЭКСПЕРИМЕНТ 97. Показать "последовательные искры".

Устройство. Рис. 59. Электрофорус (пример 68); дополнительный лист эбонита, E S (№ 27); три монеты (отмечены A, B, C на рис. 59). Монеты должны почти касаться друг друга и лежать на Es. Показана только часть покрытия электрофора.

212. Указания. (А) Тщательно зарядите крышку электрофора.

(В) Приложите палец к монете с пометкой A, чтобы "заземлить" ее, затем быстро прикоснитесь заряженной крышкой к монете C, одновременно следя за искрами между монетами. Если вы не видите искр, немного затемните комнату и смотрите во время эксперимента на центральную монету B.

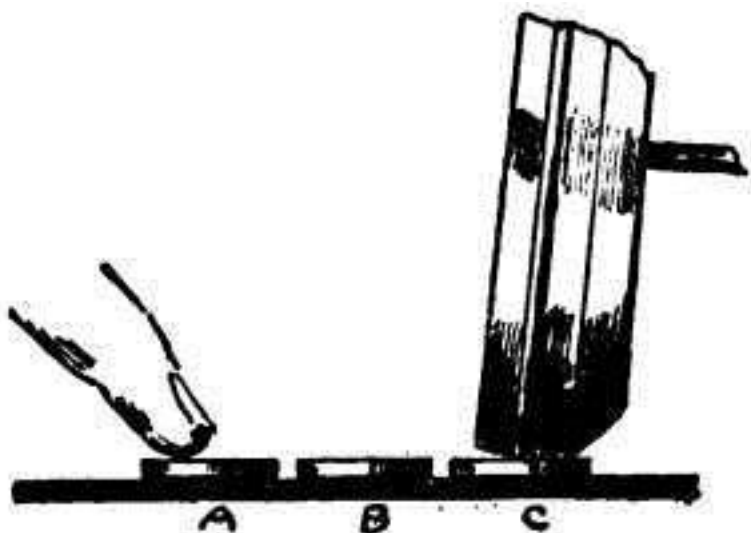


Рис. 59.

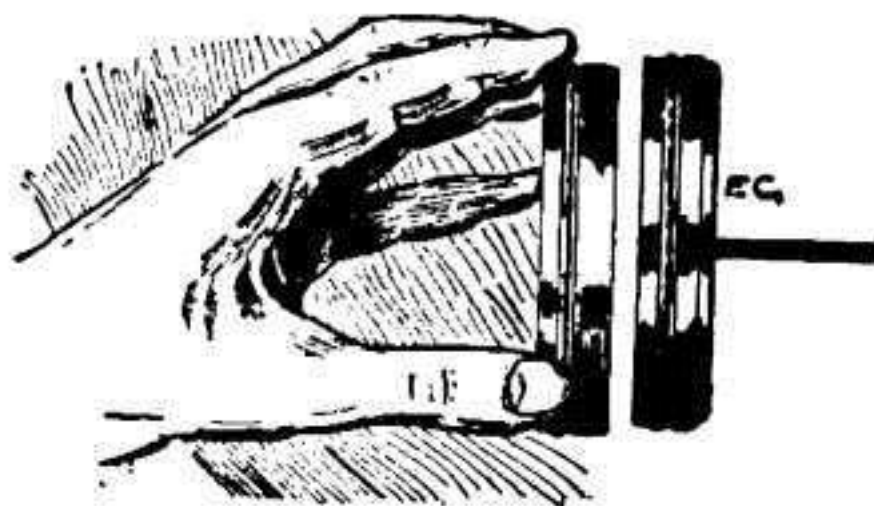


Рис. 60.

ЭКСПЕРИМЕНТ 98. Показать глазу сильное притяжение между заряженным и нейтральным телом.

Аппарат. Плоская коробка, Fb (№ № 40, 41); электрофорус (см. [Пример 68](#)).

213. Указания. (А) Поставьте Fb на край ровного стола, затем поднесите к нему заряженную крышку электрофоруса.

(В) Вместо вышеперечисленного используйте легкие обручи из бумаги, яичной скорлупы, перьев, опилок и т.д.

ЭКСПЕРИМЕНТ 99. Почувствовать сильное притяжение между заряженным и нейтральным телом.

Устройство. [Рис. 60](#). Плоская коробка Fb (№ 40, 41); электрофор ([Пример 68](#)).

214. Указания. (А) Держите Fb в левой руке, как показано на рисунке, затем *медленно* поднесите к нему заряженный кожух, одновременно переводя взгляд между ними, чтобы они оставались на одинаковом расстоянии друг от друга по всему периметру.

(В) поднесите их достаточно близко, чтобы искра прошла от E C к F B.

ЭКСПЕРИМЕНТ 100. Человеческое тело - электрическая машина трения.

Аппарат. Вы сами; ковер; комната с сухим воздухом, в которой легко находиться холодным зимним днем.

215. Указания. А) Поскребите ногами по ковру, затем быстро дотроньтесь пальцем до какого-нибудь проводника, например, до носа друга.

(В) Газ можно поджечь с помощью описанного выше процесса. Попросите друга включить газ непосредственно перед тем, как вы поднесете палец к форсунке, и убедитесь, что искра от вашего пальца проходит через газ по пути к проводнику, форсунке.

(С) Быстро поднесите палец к маленькому кусочку папиросной бумаги после того, как вы потерли ноги, чтобы зарядить свое тело.

216. Статические электрические машины используются для производства большого количества статического электричества. В ранних формах электрификация производилась трением. Современные машины основаны на принципе индукции. Электрофорус ([Пример 68](#)) на самом деле представляет собой очень простую форму индукционной машины. Потенциал этих машин очень велик, поскольку искра может разлететься на много дюймов. Для получения искры длиной в дюйм потребовались бы тысячи гальванических элементов. Когда искра проходит через воздух, она сталкивается с чрезвычайно высоким сопротивлением, поскольку воздух практически изолирует обычное электричество. Это высокое сопротивление в цепи снижает силу тока. Хотя потенциал очень высок, сила тока очень мала. (См. Закон Ома.)

ГЛАВА XIII.

АТМОСФЕРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

217. Атмосферное электричество. Воздух обычно наэлектризован даже в ясную погоду. Его заряд обычно равен +. Облака иногда бывают +, а иногда -.

Причина атмосферного электричества до конца не изучена. Некоторые считают, что это происходит из-за трения частиц пара друг о друга. Также считается, что это происходит в результате испарения морской воды и трения ветров.

218. Молния. Бенджамин Франклин в 1752 году своим знаменитым экспериментом с воздушным змеем доказал, что атмосферное электричество и электричество трения имеют одну

и ту же природу. С помощью воздушного змея, веревка которого намочла от дождя, ему удалось во время грозы высекать искры, заряжать конденсаторы и т. Д.

Молния может быть вызвана прохождением электричества между облаками или между облаком и землей, которые вместе с промежуточным воздухом создают эффект конденсатора. Если одно облако заряжено, оно действует индуктивно на другое, вызывая в нем противоположный вид электризации. Когда притяжение между двумя электрификациями становится достаточно сильным, оно преодолевает сопротивление воздуха, и возникает молния.

Вспышка происходит практически мгновенно. Выбранное направление, по-видимому, зависит от состояния окружающего воздуха. Обычно он движется зигзагообразно, и его тогда называют *цепной молнией*. Воздух на пути прохождения электричества сильно нагревается; именно этот эффект, а[85] не то электричество, которое мы видим. В жаркую погоду часто наблюдаются вспышки, которые освещают целые облака, при этом грома не слышно. Это называется *тепловой молнией*, и обычно считается, что она возникает из-за отдаленных разрядов, свет которых отражается облаками.

The *Потенциал* искры молнии не поддается никакому расчету. Искра пролетает через километры воздуха, который на самом деле является изолятором. Эта искра представляет собой миллиарды и миллиарды вольт.

219. Гром вызывается сильными возмущениями, производимыми в атмосфере молнией. Характер звука зависит, среди прочего, от расстояния наблюдателя от разряда, а также от длины и формы пройденного пути. Облака, холмы и другие объекты создают эхо, которое также изменяет исходный звук. Звуку требуется почти пять секунд, чтобы распространиться на милю.

220. Громоотводы, если они хорошо сконструированы, часто предотвращают сильные разряды атмосферного электричества. Наверху у них есть заостренные зубцы, которые позволяют негативу земли (который притягивается облаком, когда оно заряжено положительно) спокойно проходить в воздух над ними; это нейтрализует облако. В случае разряда стержни помогают проводить электричество к земле.

221. Причины возникновения атмосферного электричества. На этот счет существует несколько теорий. Некоторые думают, что это связано с вращением земли, когда солнечное тепло по-разному воздействует на разные части тела.

Некоторые утверждают, что это происходит в результате испарения воды в океане, в то время как другие говорят, что электризация в облаках возникает в результате трения[86] их частиц друг о друга. Этот вопрос еще не решен.

222. Огни святого Эльма электрификации с земли часто оформляется через мачты кораблей, чтобы нейтрализовать то, что в облаках (см. § 220), и, как он совершает побег из пунктов мачты, свет. Это можно наглядно продемонстрировать, повторив [Пример 71](#) в темноте; головка штыря ([рис. 39](#)) будет представлять собой конец мачты, а заряженная оболочка электрофоруса будет представлять собой заряженное облако.

223. Северное сияние, также называемое Северным сиянием, представляет собой световой эффект, часто наблюдаемый на севере. Они часто происходят одновременно с магнитными бурями, во время которых может нарушаться работа телеграфа и телефона. Точная причина

этого свечения неизвестна, но многие полагают, что оно связано с нарушениями в земном магнетизме, вызванными действием солнца.

ТЕКУЩЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

ЧАСТЬ III.—СОВРЕМЕННОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

ГЛАВА XIV.

КОНСТРУКЦИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА.

Примечание.— Прежде чем приступить к изучению клеток и электрического тока, давайте проведем несколько экспериментов, чтобы понять конструкцию и использование некоторых аппаратов, необходимых для такого исследования. В качестве источника электричества для этих первых экспериментов будет использоваться сухая батарея, потому что это удобно. Вы поймете ее действие позже. Используйте эту ячейку только по назначению; неправильное использование может ее испортить.

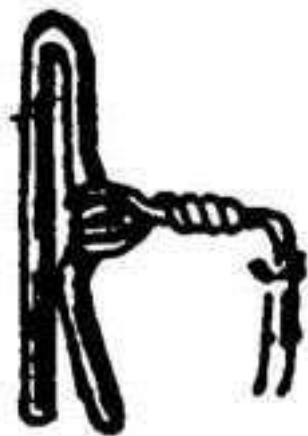


Рис. 61.

ЭКСПЕРИМЕНТ 101. Изучить действие электрического тока на магнитную стрелку.

Аппарат. Компас (№ 18); сухая ячейка постоянного тока (№ 51); провода с прикрепленными пружинными соединителями (§ 226) для выполнения соединений. На рис. 66 показан план расположения или вид сверху. Любая другая форма ячейки подойдет вместо D C.

226. Электрические соединения. Необходимо постоянно соединять провода, соединять провода с аппаратурой или соединять одну часть аппаратуры с другой, чтобы обеспечить надлежащие электрические соединения. Во всех аппаратах, описанных в этих экспериментах, использовался очень простой метод соединений.

Небольшое устройство, которое мы назовем пружинным соединителем Sc (рис. 61), дает нам возможность быстро выполнять соединения; то есть оно устраняет дорогостоящие крепежные элементы. Он изготовлен из латуни с никелированным покрытием и может использоваться в любом месте, не затрагивая магнитную стрелку.

Следует подготовить шесть или восемь проводов примерно 24-го калибра, каждый длиной около 1½ фута, с разъемом на каждом конце. Можно использовать прилагаемый провод (№ 53). Соскребите изоляцию с концов проводов примерно на 1½ дюйма, затем скрутите оголенные концы вокруг разъемов, как показано на рис. 61. Проволоку следует туго обмотать по крайней мере 4-5 раз, а затем немного перекрутить, как показано на рисунке, чтобы помочь затянуть ее. Не наносите его так плохо или в таком количестве, чтобы часть В растеклась.

227. На рис. 62 показано, как соединитель следует надевать на тонкий кусок металла, М, например, на гальваноскоп. Провод W от самого устройства постоянно закреплен под головкой винта S, в то время как провод от любого другого устройства является одним из тех, которые хранятся под рукой, как указано выше, и соединены с S C.

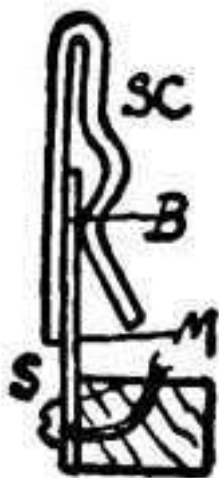


Рис. 62.

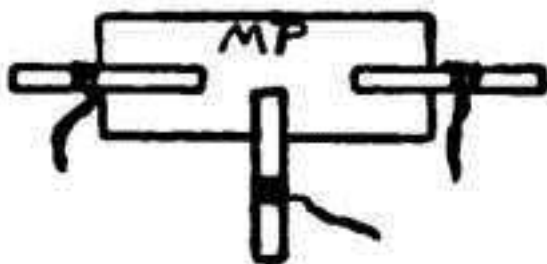


Рис. 63.

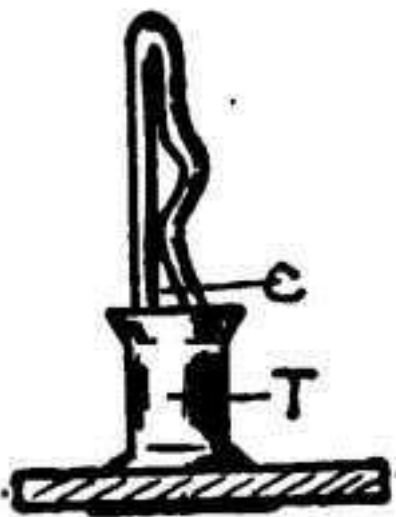


Рис. 64.

228. Fig. 63 shows how several wires may be quickly joined, electrically, by slipping the connectors at their ends upon a thin metal plate, M P, which may be a piece of tin, zinc, и т. Д. Материал не должен быть слишком толстым. В случае, если соединители слишком сильно разойдутся, чтобы защемить пластину, сожмите деталь А еще немного сильнее.

229. На рис. 64 показан способ соединения с помощью специальной формы крепежной планки, используемой, например, на катушке сопротивления R C. Конец, C, Sc вдавливаются в трубку, T, до тех пор, пока вы не почувствуете, перемещая его, что он плотно прилегает к стенкам трубки. Если вы хотите, чтобы S C очень плотно прилегал к T, одна из ножек может быть слегка согнута наружу.



Рис. 65.

230. Соединитель можно использовать и другим способом, а именно, вставив деталь А в отверстие обычного крепежного стержня (рис. 65) и используя его точно так же, как толстую проволоку.

231. Указания. (А) Расположите циркуль и Dc рядом друг с другом (рис. 66). Прикрепите один конец изолированного медного провода Cw к соединительному стержню С, который находится на угольной пластине элемента. Не соединяйте другой конец цинковой пластины с другим крепежным стержнем, Zn.

(Б)левой рукой удерживайте Cw над стрелкой компаса и рядом с ней, а также на линии N и S, чтобы она проходила по всей длине стрелки.

(В) Возьмите свободный конец Cw в правую руку и прикоснитесь к столбику для переплета, Zn, только на мгновение, наблюдая за иглой. Повторяю.

232. Датчики тока. Мы знаем, что магнит может воздействовать индуктивно через воздух на кусок железа или на другой магнит. Отклонение стрелки в этом эксперименте показывает, что вокруг провода, по которому течет ток, должно быть магнитное поле. Этот факт имеет максимально возможное значение. Простая магнитная стрелка, при использовании, как описано выше, становится детектором электричества.

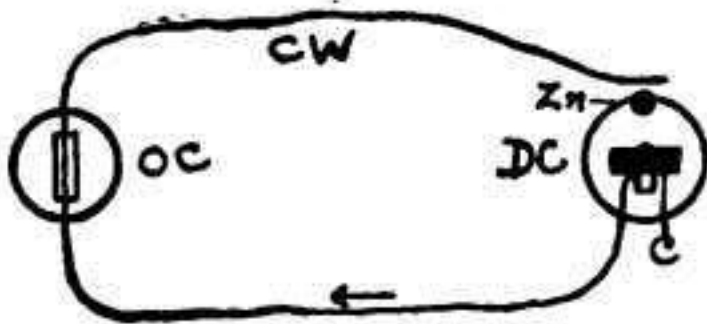


Рис. 66.

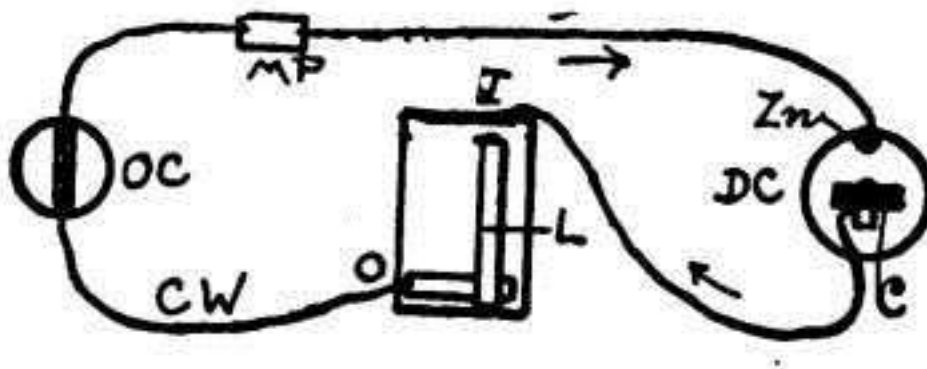


Рис. 67.

ЭКСПЕРИМЕНТ 102. Изучить конструкцию и использование простого "ключа".

Аппарат. Ключ, К (№ 55) (§ 233); сухая камера, Дс, (№ 51); компас, Ос (№ 18). *Расположите* так, как показано на [рис. 67](#), который представляет собой вид сверху или план. Соедините части устройства с помощью проводов и пружинных соединителей (§ 226). Соединительный стержень С присоединен к I (входу) ключа; О (выход) ключа присоединен к соединительному стержню Zn, проводу Sw, проходящему непосредственно над Ос и рядом с ним, который должен использоваться в качестве детектора. Ток не может пройти до тех пор, пока не будет нажат рычаг L. Металлическая пластина Mr используется для соединения двух коротких проводов (§ 228) на случай, если длина Sw недостаточна.

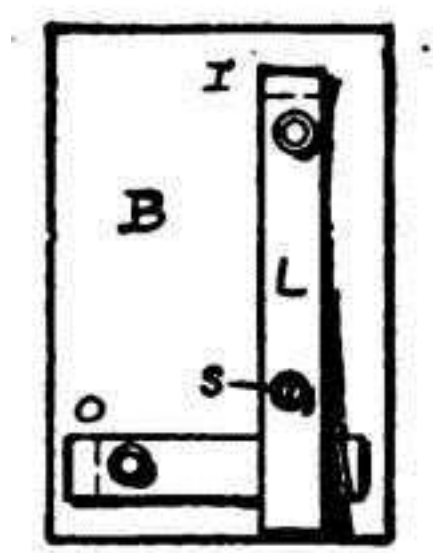


Рис. 68.

233. Ключ - это просто часть устройства, с помощью которого цепь может быть удобно и быстро размыкана и замкнута по желанию оператора; то есть с его помощью электричество может быть быстро включено или выключено. На [рис. 68](#) показана простая форма ключа. К основанию, В, прикреплены две металлические детали или ремешки, верхний из которых, L, является собственно рычагом или ключом. Передний конец L приподнят над О, так что они не соприкасаются друг с другом, пока L не будет сильно прижат. Винт S удерживает L от слишком сильного выпрыгивания над О. Для удобства предположим, что провод, ведущий к ключу, присоединяется к нему в точке I (in); провод, *идуший от* ключа, присоединен к О (out) с помощью соединителей (§ 226).

Ключ можно подключить к любой цепи, сначала обрезав провод, а затем соединив концы с вводами и О. Пружинные соединители обеспечивают наилучшее соединение с ключом такой формы. (Информацию о самодельных ключах смотрите в Справочнике по приборам.)

234. Указания. (А) Магнитная стрелка находится непосредственно под проводом, нажмите клавишу L только на *мгновение* и обратите внимание на движение иглы.

(В) Снова нажмите клавишу L, удерживайте ее нажатой в течение 3 секунд, не больше, и следите за стрелкой.

Обсуждение. Ключ позволяет нам легко регулировать продолжительность прохождения тока. Этот эксперимент также показывает, что магнитное поле вокруг провода исчезает, как только ток перестает проходить.

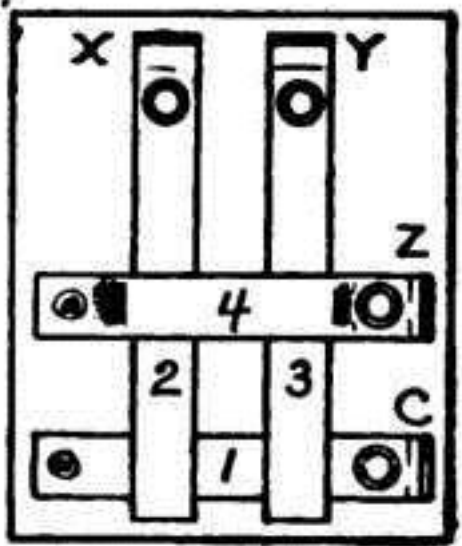


Рис. 69.

ЭКСПЕРИМЕНТ 103. Изучить конструкцию и использование простого "преобразователя тока".

Аппарат. Сухая ячейка постоянного тока (№ 51); компас постоянного тока (№ 18); преобразователь тока Cr (№ 57) (см. § 235); изолированный медный провод Sw длиной 2 или 3 фута с пружинными соединителями, соединенными с его концами (§ 226).

Расположите, как показано на рис. 70. Провод Sw, ведущий от X, следует удерживать левой рукой так, чтобы он находился чуть выше (или ниже) и параллельно магнитной стрелке.

Ток не может проходить через Sw до тех пор, пока не будет нажат один из ремней или рычагов на Cr. (Информацию о самодельных реверсорах смотрите в справочнике по приборам.)

235. Текущий реверсор. (№ 57.) К деревянному основанию (рис. 69) прикреплены четыре металлических ремешка, каждый конец которых загнут вверх, чтобы можно было надеть пружинные соединители (§ 227) для электрического соединения с другими элементами устройства.

Предположим, что соединения At C и Z выполнены из углерода и цинка элемента с помощью проводов и пружинных соединителей (§ 226). Ток поступает от ячейки к C. Поскольку две планки, 2 и 3, плотно прижимаются к планке 4 и не касаются 1, очевидно, что никакой ток не может пройти от 1 к 2 или к 3, пока они не будут прижаты к 1. Два провода соединены пружинными соединителями со 2 и 3 на их загнутых концах, X и Y, и эти провода ведут к любому желаемому инструменту.

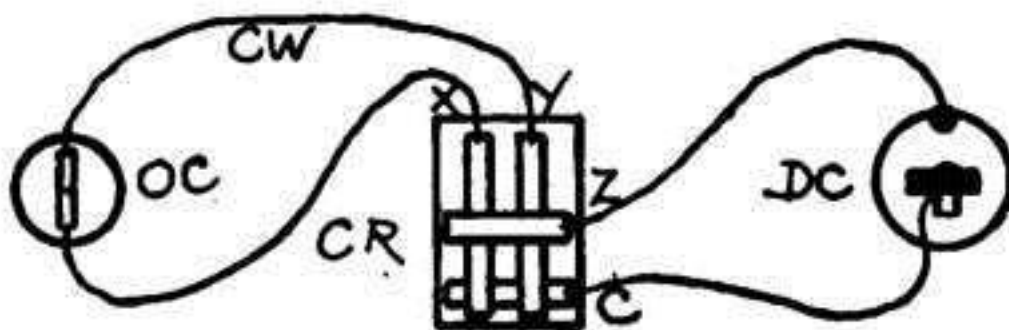


Рис. 70.

236. Указания. (А) нажмите на рычаг 2 (рис. 70), только на мгновение, в то же время внимательно отмечая, в каком направлении отклоняется северный полюс иглы.

(В) После того, как рычаг 2 снова подпрыгнет, и после того, как игла остановится, на мгновение нажмите на рычаг 3, наблюдая за иглой. Отклонен ли N-й полюс иглы в том же направлении, что и в (А)?

237. Обсуждение. Реверсор дает нам быстрое и простое средство изменения направления тока, который должен проходить через любой желаемый инструмент, сначала в одном направлении, а затем в противоположном. Предположим (рис. 69), что ток поступает в Сг в точке С, как это происходит, когда С соединен с углеродом элемента; ток не может идти дальше, пока не будет опущен один рычаг. Если теперь нажать на рычаг 2 (рис. 69), как показано в части (А), ток пройдет по 2, который теперь не касается 4, через Х к катушке провода или любому инструменту и обратно к реверсивному устройству по проводу, соединенному с Y. Затем он перейдет с 3 на 4, к Z и обратно в ячейку; то есть ток поступает в Сw в точке Х. Когда нажат рычаг 3, ток все еще поступает на Сг в точке С, электричество будет поступать на 3 и выходить в точке Y, и обратно через Х, 4 и Z в ячейку. Таким образом, ток можно заставить выходить из Х или Y по желанию, нажав на соответствующий рычаг. Этот эксперимент также кое-что говорит о токах, но они будут обсуждены позже.



Рис. 71.

ЭКСПЕРИМЕНТ 104. Изучить простой детектор тока.

Аппарат. Компас (№ 18); сухая ячейка постоянного тока (№ 51); преобразователь тока Cr (№ 57); медный провод Сw длиной несколько футов с пружинными соединителями на концах. (Информацию о самодельных детекторах смотрите в книге "Приборы", глава XIII.)

238. Указания. (А) Присоедините концы провода к Х и Y реверсора Cr, как в последнем эксперименте. Намотайте Cw так, чтобы вы могли удерживать катушку левой рукой, как показано на [рис. 71](#), магнитная стрелка должна находиться внутри нее и параллельно ей.

(В) Нажмите рычаг 2 реверсивного устройства только на мгновение. Отклоняется ли игла больше или меньше, чем это было, когда проволока просто проходила над ней или под ней один раз?

(С) переключите ток через Cw, нажав рычаг 3, и обратите внимание на результат.

(D) Четко запомните, в какую сторону отклоняется N полюс стрелки, когда ток поступает в Cw в точке X, а также когда он поступает в точке Y.

239. Обсуждение. Ток проходил *над* иглой в одном направлении и *под* ней в противоположном направлении; то есть часть провода выше *помогает* той, что ниже. Каждый оборот проволоки увеличивает напряженность магнитного поля вокруг катушки и помогает отклонять иглу. Таким образом, за счет увеличения количества витков могут быть изготовлены детекторы, которые будут показывать наличие очень слабых токов. Магнитные поля вокруг проводов и катушек будут изучены в следующей главе.

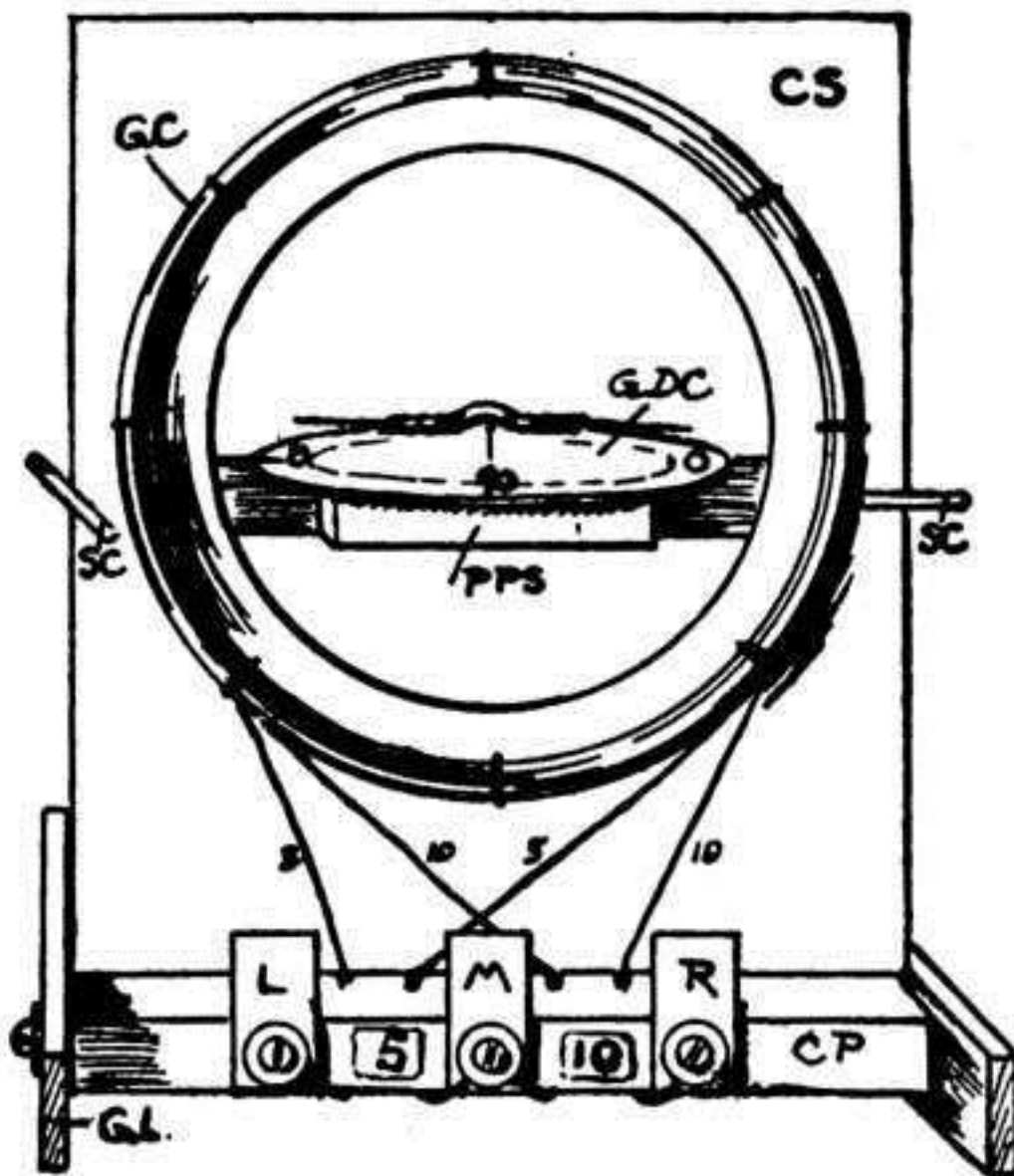


Рис. 72.

ЭКСПЕРИМЕНТ 105. Изучить конструкцию и использование простого гальваноскопа.

Аппарат. Гальваноскоп, Gv, в комплекте (№ 58), описанный в § 240–246; сухая ячейка постоянного тока (№ 51); реверсивный преобразователь тока, Cr (№ 57) (§ 235); провода с пружинными соединителями для соединения различных частей устройства (§226). (О самодельных гальваноскопах читайте в книге "Приборы", глава XIII.)

240. Гальваноскоп (рис. 72) - это нечто большее, чем просто детектор электричества. С его помощью мы сможем более полно изучить ячейки, токи и т.д. И т.п. Сначала мы должны понять его конструкцию.

241. Подставка для рулонов, Cs, крепится к поперечине, Cp, на которой расположены 3 крепежные стойки или концы рулонов, L, M и R (слева, посередине, справа). Ножки, Gl, привинчены к столешнице таким образом, что столешница удерживается немного над столом: это позволяет наклонять столешницу вперед или назад для регулировки ее по вертикали. Благодаря особому расположению ножек гальваноскоп может прочно стоять даже на неровных поверхностях. Шурупы, удерживающие G L, не следует загонять достаточно глубоко, чтобы не повредить резьбу в древесине, см. П.

242. Катушек гальваноскопа, Gc, всего две, обе прикреплены к подставке для катушек, C S. Первая катушка имеет пять витков проволоки, ее концы прикреплены к L и M; другая катушка имеет *десять* витков с концами в точках M и R. По желанию ток можно заставить проходить через 5, 10 или 15 витков провода, выполнив соответствующие соединения.

Предположим, что у нас есть два провода, идущих напрямую от ячейки или от преобразователя тока, с пружинными разъемами на них, чтобы мы могли надеть их на L, M или R, которые обозначают левое, среднее или правое. Когда провода соединены с L и M, ток может проходить только через 5 витков; при соединении с M и R он будет проходить через 10 витков; а при соединении с L и R он будет проходить через все 15 витков. Когда ток поступает в гальваноскоп в точке L и выходит из него в точке M или R, он будет проходить через витки провода слева направо, вверх; то есть он будет проходить по направлению "по часовой стрелке".

243. Стрелка компаса, снабженная OC (№ 18), также подойдет для этого гальваноскопа. Его следует поместить на острие после закрепления на указателях (§ 246). Длина иглы должна быть параллельна плоскости катушки, когда ток не проходит; то есть катушка и опора катушки должны находиться на линии N и S.

Иглу можно центрировать относительно вправо и влево, а также относительно вверх и вниз, правильно отрегулировав положение опоры для штифта, P P S; она прочно удерживается на C S двумя пружинными соединителями. При снятии Sc опора P Ps может быть поднята или опущена.

244. Чтобы поместить катушку в линии N и S, просто поверните гальваноскоп по кругу, одновременно глядя на иглу сверху вниз, пока длина иглы не станет параллельной опоре катушки. После тщательной настройки N и S на столе можно нарисовать линию в качестве ориентира для определения его положения в будущих экспериментах. Катушка должна располагаться в вертикальной плоскости, и это прямое положение вверх и вниз можно легко регулировать.

Чтобы поместить катушку в линии E и W, поворачивайте ее до тех пор, пока стрелки не окажутся на отметках 90 ° (90 градусов), при этом, конечно, остаются отметки 0 ° (нулевой градус), как описано выше.

245. Градусная карта G D C (рис. 72) имеет точку в центре, чтобы показать, где нужно сделать отверстие для булавки, поддерживающей стрелку компаса. С его помощью вы можете определить, на сколько градусов отклоняется стрелка при прохождении тока. Эту карточку, G D C, следует прижать к точке ввода. Нулевые точки G D C также должны быть равны N и S, когда катушка находится в этом положении; то есть они должны находиться в плоскости катушки. Тогда стрелки на игле (§ 246) будут находиться в положении O, когда игла находится в состоянии покоя, ток через катушки не проходит. (Смотрите Книгу по приборам § 272 о самодельной карточке степени.) После регулировки G D C можно постоянно удерживать в нужном

положении, воткнув в него короткий штифт в P P S. Однако не позволяйте этой булавке мешать вращению иглы.



Рис. 73.

246. К стрелке следует прикрепить указатели (рис. 73), чтобы сделать показания градусов точными. Прикрепите к стрелке компаса отрезок медной проволоки с изоляцией № 30, как показано на рисунке. Ее можно обрезать до нужной длины после намотки на иглу. Следите за тем, чтобы проволока не касалась булавки, когда игла на месте; уравновесьте иглу, немного отрезав ножницами от более толстого конца проволоки; согните концы проволоки так, чтобы они были на противоположных сторонах градусной шкалы, например, оба указывали на 0. Игла должна свободно вращаться, быть хорошо сбалансирована, а проволока не должна касаться пин-кода или градусной карточки.

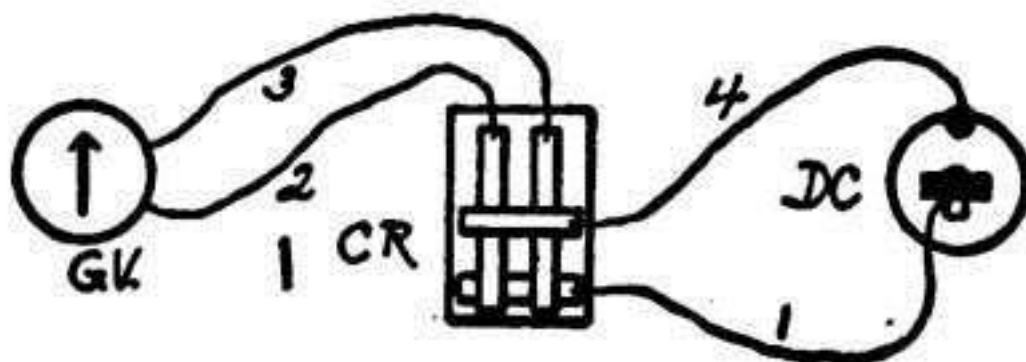


Рис. 74.

247. Как проехать. (A) Расположите так, как показано на рис. 74, причем катушка состоит из N и S (§ 244). Соедините концы проводов 2 и 3 с 5-витковой катушкой Gv, как показано на рисунке. Провод 2 подсоединен к L (рис. 72). На мгновение нажмите рычаг 2 кнопки Cr (рис. 69), наблюдая за стрелкой компаса и отмечая, на сколько градусов она повернется в первый раз. Тщательно запомните направление, в котором отклоняется N-й полюс стрелки, когда ток проходит вокруг точки Gc по "часовой стрелке". В радиусе 3 футов от точки G. не должно быть магнитов, железа или кусков стали

(B) На мгновение нажмите рычаг 3, следя за стрелкой. Теперь ток будет проходить в направлении "против часовой стрелки". Отклонена ли стрелка примерно на то же количество градусов, что и в (A)?

(C) замените концы проводов, 2 и 3, на 10-витковую катушку (§ 242) и повторите (A) и (B).

(D) измените 2 и 3 на L и R (рис. 72), таким образом позволяя току пройти около 15 витков; затем повторите (A) и (B).

248. Обсуждение; Правдивые показания. Невозможно расположить магнитную стрелку М точно в центре точки Gc; стрелки не будут точно совпадать с осью М; катушки не будут точно равны N и S: следовательно, если вы пропустите определенный ток через катушку и стрелка покажет 20 градусов, вы обнаружите, что при обратном направлении тока стрелка может показывать 24 градуса по другую сторону от нулевой отметки. Чтобы получить *истинное значение*, усредните два значения, в данном случае среднее значение равно 22 градусам.

Гальваноскоп дает нам инструмент, с помощью которого мы можем более полно изучать элементы, токи и т.д.

249. Предостережение. Уже было указано, что стрелка компаса должна находиться в центре катушки (§ 243), и что катушка должна находиться на линии N и S (§ 244). В дополнение к вышесказанному, при его использовании следите за тем, чтобы рядом с Gv не было магнитов; время от времени нажимайте на Gv, чтобы убедиться, что стрелка свободно поворачивается, держите глазок прямо над стрелками при считывании градусов; стрелки должны быть равны нулю, когда через Gv не проходит ток; убедитесь, что электрические соединения исправны.

Существует несколько источников ошибок при снятии показаний и во всех приведенных количественных экспериментах. Автор считает само собой разумеющимся, что на такие ошибки будет обращать внимание учитель.

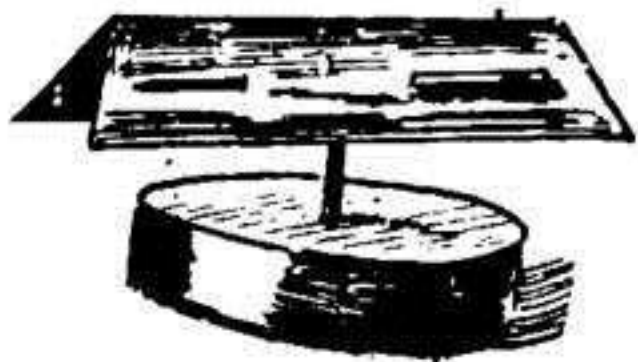


Рис. 75.

ЭКСПЕРИМЕНТ 106. Изучить конструкцию и использование простой астатической иглы.

Аппарат. Две швейные иглы без намагничивания (№ 1); подковообразный магнит Н М (№ 16); кусок плотной бумаги, сложенный вдвое и разрезанный, как показано на [рис. 75](#); булавка, на которую крепится бумага. Булавку можно проткнуть пробкой или использовать пробку Ос (№ 18).

250. Указания. (А) Проведите каждой иглой по N полюсу Нм пять раз от острия к головке ([Пример 9](#)). Это должно сделать их почти равными по прочности, поскольку обе точки являются N полюсами.

(В) воткните иглы в бумагу, как показано, так, чтобы N полюсов находились на одном конце бумаги. Закрепите бумагу на острие булавки. Имеет ли эта комбинация сильную или слабую указательную силу?

(С) Поверните одну из игл конец за концом. Еще раз проверьте силу наведения.

251. Обсуждение; Астатические иглы. Располагая иглы так, чтобы их полюса были противоположны друг другу, сила наведения практически сводится к нулю. Такая игла необходима в некоторых экспериментах с электричеством. Их магнитные поля все еще сохраняются. Эта комбинация называется *астатической иглой*; она используется для обнаружения очень слабых[99] токов. Чем ближе магниты по силе, тем лучше. Обычно они располагаются друг над другом (рис. 76).



Рис. 76.

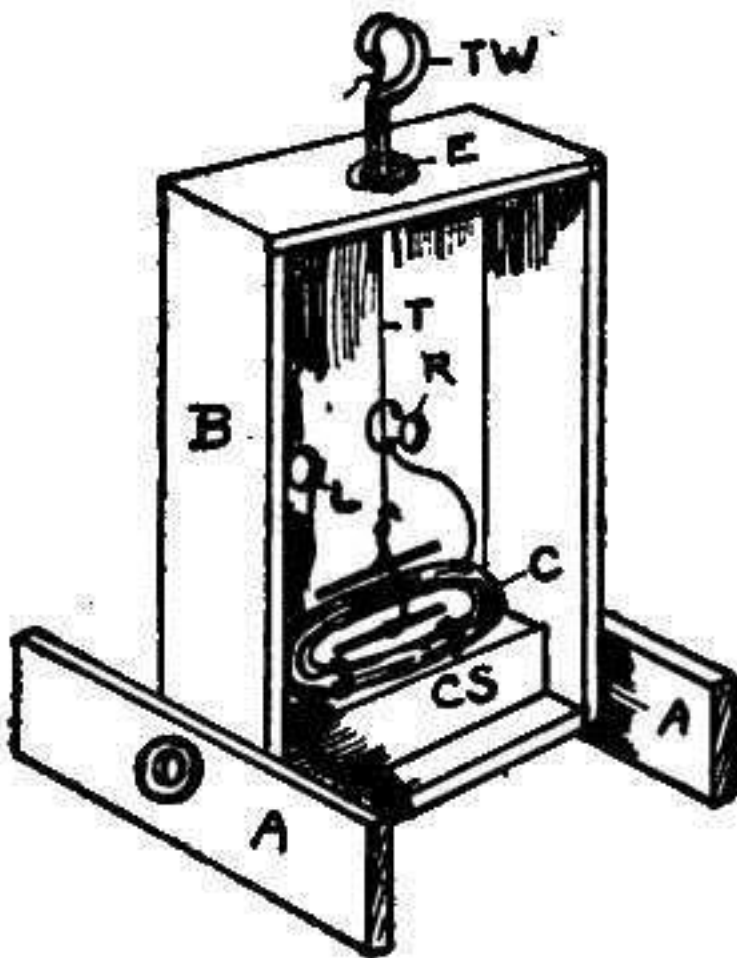


Рис. 77.

ЭКСПЕРИМЕНТ 107. Изучить конструкцию и использование простого аstaticеского гальваноскопа.

Аппарат. Астатический гальваноскоп, А Г (№ 59) (§ 252–254); сухая ячейка постоянного тока (№ 51); преобразователь тока С R (№ 57) (§ 235); провода для соединений (§ 226).

Расположите так, как показано на [рис. 80](#), который представляет собой вид сверху. Провода от Сг подсоединяются к крепежным стойкам А Г сзади, в которые вставляются пружинные соединители (§ 229).

252. Конструкция астатического гальваноскопа. При длительном неиспользовании или при транспортировке ножки А ([рис. 77](#)) можно снять и целиком упаковать в коробку В.

The Катушка, С, имеет сопротивление около 5 Ом и крепится к опоре катушки, С S. Концы катушки постоянно прикреплены к крепежным стойкам L и R (слева и справа). Концы расположены таким образом, что при входе тока в точку L он будет проходить вокруг катушки по часовой стрелке.

253. Астатическая игла ([Пример 106](#)) опирается на маленькую нитку Т, которая привязана к проволоке-резьбе Tw. Эта игла пружинит в ушке Е, которое, в свою очередь, упирается в

отверстие, проделанное на конце В. Е должно легко поворачиваться в отверстии, но не шататься.

На рис. 78 показан вид катушки и иглы в разрезе. Проволока W должна быть согнута, как показано на рисунке, так, чтобы магниты находились как можно ближе к центральной линии С, насколько это возможно. На рис. 79 показан вид иглы спереди. Для удобства будет лучше расположить наконечники игл, как показано, в соответствии с описаниями экспериментов.

Чтобы игла не подвергалась воздействию воздушных потоков, стеклянную пластину (№ 38) можно поместить перед коробкой, В. Поставьте ее на ножки, А, и обвяжите ниткой, и В, чтобы удерживать на месте.



Рис. 78.

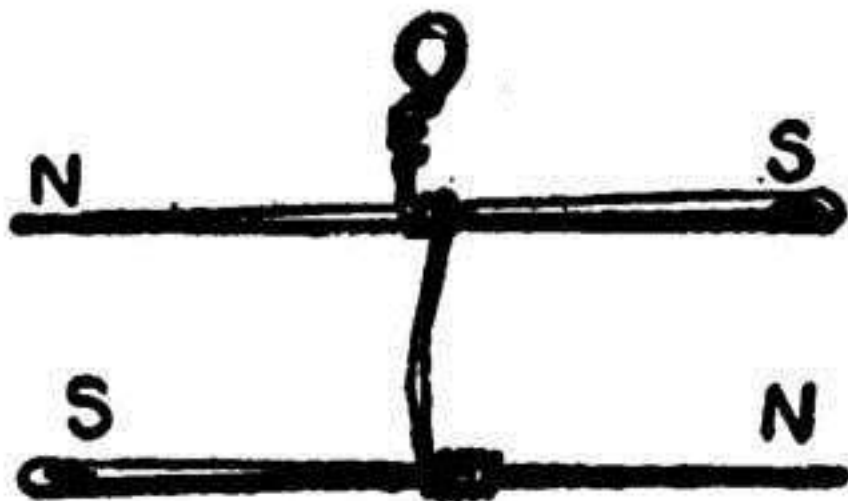


Рис. 79.

254. Регулировка иглы. Поскольку Т привязано к Tw, иглу можно полностью развернуть, повернув Tw. Это следует делать до тех пор, пока длина иглы не станет параллельной виткам С. Положение иглы вверх и вниз должно быть зафиксировано как можно точнее при прикреплении Т к Tw, точное место окончательно фиксируется путем поднятия или опускания Tw через Е. Пружина в Т W должна прочно удерживать ее в Е после регулировки. Провод W, соединяющий иглы-магниты, не должен касаться катушки. Можно просто освободить его от буквы С, немного наклонив коробку вперед или назад. Конструкция ножек и т.д. Позволяет наклонять коробку и прочно ставить ее на неровную поверхность.

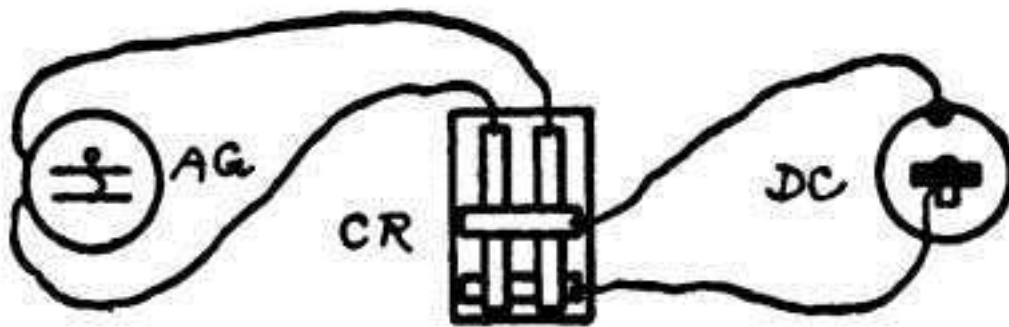


Рис. 80.

255. Указания. (А) Убедитесь, что в радиусе 3 футов от точки G. Проверьте астатическую стрелку после того, как вы правильно подвесили ее, чтобы убедиться, что она не пытается вращаться по линиям N и S. В случае, если игольчатые магниты контактировали с другими магнитами или намагничены неодинаково, перемагнитьте их, как указано в [Примере 106](#). Они должны оставаться в любом положении, заданном им поворотом Tw. Наконец, расположите их параллельно виткам катушки. (См. § 254.) Расположите, как показано на [рис. 80](#).

(В) Нажмите рычаг 2 из Cr ([§ 235](#)) только на мгновение. Это позволяет току войти в точку G в точке L. Повторите несколько раз, пока полностью не зафиксируете в уме направление отклонения правого конца иглы. Прыгает ли внезапно стрелка при прохождении тока?

(С) Нажмите рычаг 3 только на мгновение. Изучите результат.

256. Астатические гальваноскопы. Очевидно, что в обычном детекторе тока ([Пример 104](#)) сила наведения иглы должна быть преодолена магнитным полем вокруг катушки, прежде чем иглу можно будет отодвинуть от ее N- и S-линий. Очень слабые токи не приводят к заметному перемещению стрелки в обычных детекторах. Чтобы создать чувствительный инструмент, мы должны иметь сильные поля как вокруг иглы, так и вокруг катушки, и в то же время мы должны уменьшить силу наведения иглы. Обе эти задачи выполняются с помощью *астатической иглы*, соединенной с катушкой, содержащей большое количество проволоки. Использование астатического гальваноскопа будет более полно изучено в последующих экспериментах.

ГЛАВА XV.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ.

ЭКСПЕРИМЕНТ 108. Изучить действие разбавленной серной кислоты на углерод и различные металлы.

Аппарат. Кусок медной и железной проволоки длиной 4 дюйма (10 см); две узкие полоски листового цинка (№ 60), одна из которых амальгамированная (§ 257); углеродный стержень (№ 64); стакан (№ 65), частично заполненный разбавленной серной кислотой (§ 258); ртуть (№ 52).

257. Для амальгамирования одной из вышеуказанных цинковых полос необходимо покрыть ее ртутью. Прежде чем продолжить, снимите с рук все украшения. Промойте цинк водой и тряпкой удалите всю грязь с его поверхности. Амальгамированный цинк очень хрупкий, поэтому выложите его плашмя на доску или тарелку, предварительно окунув на мгновение в разбавленную кислоту. Нанесите одну-две маленькие капли ртути на полоску и протрите ртуть с обеих сторон цинка тканью, смоченной разбавленной кислотой.

Ртуть сильно прилипает к цинку или олову, поэтому вы можете использовать узкий кусочек любого из них в качестве ложки, чтобы перенести небольшую каплю из источника в цинк. Постучите ею по цинку, чтобы удалить капли. Не наносите слишком много ртути, ровно столько, чтобы покрыть ее или, по крайней мере, ту ее часть, которая будет находиться под кислотой. Будьте осторожны, чтобы не сломать тонкий цинк при его смешивании, так как он становится очень хрупким. Он должен выглядеть ярко. (См. Руководство по приборам, § 32, 33.)

Примечание. В случае попадания ртути на медные пластины ее можно удалить, нагрев их в пламени.

258. Разбавленную серную кислоту для этих экспериментов следует приготовить, смешав 1 часть по объему концентрированной кислоты с 20 частями воды. Не допускайте попадания кислоты на одежду или ковры. Не добавляйте воду в кислоту. Перемешайте, *медленно* добавляя кислоту в воду в стакане или глиняной посуде, одновременно помешивая. Перемешайте над раковиной или на открытом воздухе. (Более подробную информацию смотрите в приложении. Заказывайте; § 21, 22, 23, 24, 25.) Чтобы сэкономить время, приготовьте не менее кварты смеси, разлейте по бутылкам и наклейте этикетку для использования.

259. Указания. (А) согните по одному концу каждой из проволок и металлических полосок и повесьте их на край стакана (рис. 81) так, чтобы их нижние концы были в кислоте. Не позволяйте им касаться друг друга. Подержите угольный стержень в кислоте.

Если ни одно из вышеперечисленных веществ не оказывает видимого воздействия, добавьте в стакан несколько капель концентрированной кислоты.

Внимательно обратите внимание на то, что происходит в стакане, и укажите, какие вещества растворяются, какие просто становятся ярче, а на какие вообще не воздействуют.

260. Обсуждение. Пузырьки газа, которые возникают из цинка при его растворении, представляют собой водород, и они указывают на то, что в стакане происходит интенсивное химическое воздействие и что цинк разъедается.

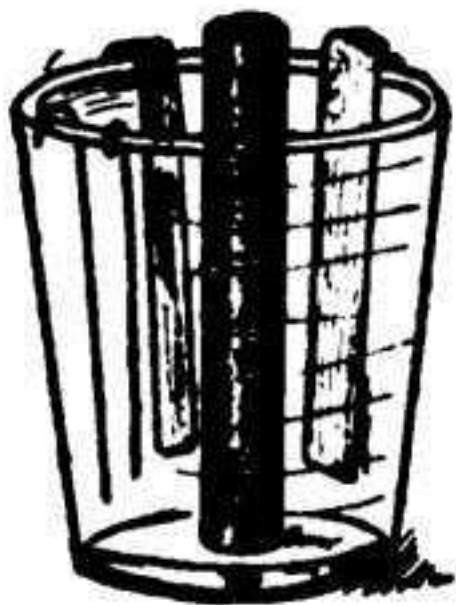


Рис. 81.

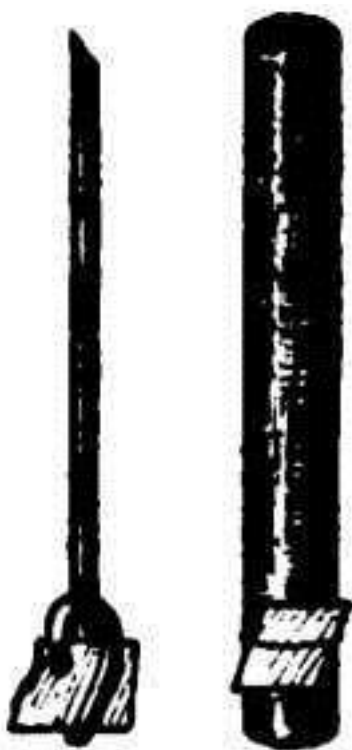


Рис. 82.

ЭКСПЕРИМЕНТ 109. Изучить действие разбавленной серной кислоты на различные комбинации металлов.

Устройство. То же, что и в предыдущем эксперименте. Однако небольшой кусочек амальгмированного цинка подойдет лучше, чем целая полоска.

261. Указания. (А) Оберните один конец чистой медной проволоки вокруг небольшого кусочка амальгмированного цинка (рис. 82). Возьмите один конец проволоки в руку и окуните комбинацию в кислоту. Что происходит? Следите за поверхностью меди, помня, что кислота не воздействовала на каждую из них в отдельности (Пример 108).

(В) Используйте чистую железную проволоку вместо медной и повторите (А). Следите за поверхностью утюга.

(С) Ниткой привяжите небольшой кусочек хорошо амальгмированного цинка к углеродному стержню (рис. 82), затем окуните смесь в кислоту. Следите за поверхностью углерода.

262. Обсуждение. Хотя амальгмированный цинк не растворяется быстро разбавленной серной кислотой, при контакте с другим металлом или углеродом в кислоте происходит какое-либо энергичное[104] действие. Выделяющиеся пузырьки водорода, по-видимому, исходят не из цинка; по-видимому, они растут в жидкости непосредственно на поверхности меди, железа или другого металла, используемого вместе с цинком. Это показывает, что происходит нечто большее, чем простое растворение металла.

Можем ли мы организовать наш аппарат таким образом, чтобы мы могли получить какие-то полезные результаты от этого действия?

ЭКСПЕРИМЕНТ 110. Изучить конструкцию простого электрического элемента.

Устройство. Узкая полоска цинка (№ 60), амальгмированная в соответствии с указаниями § 257. (Вместо полоски можно использовать оцинкованный стержень (№ 74)); узкую полоску листовой меди (№ 67); стакан с разбавленной кислотой опыта 108; гибкую медную проволоку длиной около 2 футов с прикрепленными к ее концам пружинными соединителями (№ 54). (См. Электрические соединения, § 226.)

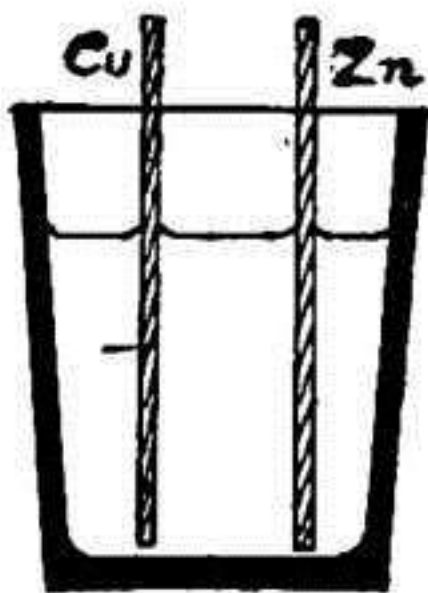


Рис. 83.

263. Указания. (А) Держа в одной руке полоску амальгмированного цинка, а в другой - полоску меди (рис. 83), окуните их в кислоту, но не позволяйте им касаться друг друга. Обратите внимание на любое химическое воздействие.

(Б) Соприкосните медь и цинк вместе, *ниже* поверхности кислоты. Следите за медью.

(С) Разделите нижние концы полосок, затем соедините их вместе *над* кислотой. С медью все еще что-нибудь случилось?

(D) Наденьте один пружинный соединитель с прикрепленным проводом на цинковую полоску, затем положите полоски в стакан так, чтобы они не касались друг друга. Теперь прикоснитесь к медной полоске свободным концом проволоки, одновременно наблюдая за медью.

(Е) Поднимите провод от Си, снова прикоснитесь им к Си и повторите несколько раз, пока не убедитесь, что каждый раз, когда провод касается Си, что-то происходит.

264. Электрический ток. Что-то должно произойти внутри проволоки или через нее, и это может произойти только[105] когда два металла каким-то образом соединены. Это особое, невидимое действие в проводе называется *электрическим током*, а такое устройство называется *гальваническим элементом*.

265. Источник электризации. Когда два разных металла помещают в кислоту, они в результате химического воздействия электризуются неодинаково. Каждый из них обладает более высоким потенциалом, чем кислота, но их потенциалы не одинаковы. Эта электризация имеет тенденцию переходить от места с более высоким потенциалом к месту с более низким потенциалом, и проводящий провод позволяет этой передаче происходить. Поскольку разница потенциалов поддерживается за счет продолжающегося химического воздействия, ток является непрерывным, а не просто мгновенным, как при разрядах электричества трения. Как тепло вырабатывается при сжигании угля, так и электрификация производится при химическом сжигании цинка. Химическая энергия является источником электризации в гальваническом элементе, точно так же, как мускульная энергия была источником электризации в экспериментах с электричеством трения.

266. Электрическая цепь; Разомкнутые и замкнутые цепи. Только что использованный простой гальванический элемент вместе с проволокой, соединяющей металлические полосы, называется *электрической схемой*. Если бы ток проходил через телеграфный прибор, например, на своем пути от одной полосы к другой, телеграфный прибор также находился бы в цепи. Когда провод обрезается или снимается с одной металлической полосы, цепь считается *разомкнутой*, то есть у нас есть *разомкнутая цепь*. Когда ток проходит, цепь *замыкается*. Мы также говорим *создать* и *разорвать* цепь, и что цепь была *разорвана*.

267. Пластины или элементы. Медные и цинковые полосы называются *пластинами* или *элементами* элемента. Цинк, Zn, рис. 84, растворяется кислотой и называется положительной пластиной (+ пластина). Медь, Си, является отрицательной[106]пластиной (- plate). Медь также называют *катодом*, а цинк - *анодом*.

268. Направление течения. Для удобства было решено, что в элементе ток проходит от цинка через жидкость к меди, где осаждаются пузырьки водорода. Затем он проходит через проволоку или другой снабженный проводник обратно к цинку, снова через жидкость к меди, и

так далее по кругу тысячи раз в секунду. Ток действительно начинается с поверхности цинка, где происходит химическое воздействие. Когда используются углерод и цинк, действие и направление тока одинаковы, поскольку в качестве пластины используется углерод.

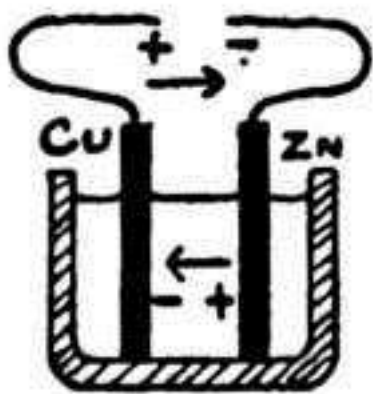


Рис. 84.

269. Полюса или электроды. Если бы провод был перерезан, электричество, поступающее от пластины +, прекратилось бы на конце провода с пометкой +, [рис. 84](#), после прохождения через кислоту и подъема вверх по Меди. Этот конец провода называется *+полюсом или электродом* (положительным). Конец проволоки, соединенный с Zn, называется *- полюсом или электродом*; то есть +-электрод - это конец проволоки, прикрепленный к - пластине. Верхушки Cu и Zn можно считать электродами. Вершина Cu - это *+полюс* ячейки, а Cu - *пластина*.

270. Химическое действие в простом гальваническом элементе. Химическая формула серной кислоты - $\text{H}_2\text{POЭТОМУ}_4$ (читайте H, 2, S, O, 4). Это означает, что он представляет собой соединение водорода (H), серы (S) и кислорода (O). H_2SO_4 означает *молекулу* кислоты, а маленькие цифры показывают, что молекула состоит из 2 *атомов* водорода (H_2), одного из серы (S) и 4 из кислорода (O_4). Атомы удерживаются вместе за счет *химического притяжения* или *сродства*.

Между цинком (Zn) и SO_4 существует более сильное химическое сродство, чем между H_2 и SO_4 ; поэтому, как только Zn получает шанс, как это происходит в клетке, он вытесняет H_2 , и он занимает его место в молекуле. Эта химическая *реакция* может быть показана следующим химическим *уравнением*:



Цинк и серная кислота образуют сульфат цинка и водород.

Полученный сульфат цинка ослабляет действие кислоты; фактически, кислоту приходится время от времени обновлять, поскольку она заменяется сульфатом, который остается в растворе.

271. Действие в клетке с использованием неочищенного цинка. Описанное выше действие происходит в элементе при использовании неочищенного цинка, даже когда ток не проходит, в результате реакции выделяется тепло вместо полезного электричества. (См. Местные токи.)

Действие в клетке с использованием чистого цинка. Когда в элементе используется чистый цинк (или нечистый цинк, который был должным образом амальгамирован), он растворяется

или разъедается только при прохождении тока. Следует отметить, что пузырьки водорода даже тогда не появляются на цинке; они не видны по всей массе жидкости. По-видимому, происходит невидимый перенос водорода из цинка через жидкость к меди (или другой используемой пластине), и он появляется там в форме пузырьков. Чем больше количество растворенного чистого цинка, тем сильнее ток и тем больше образуется водорода.

По мере растворения цинка он распадается со своей скрытой энергией, и эта энергия запускает электрический ток по цепи. В то время как водород разложившейся кислоты направляется к - пластине, часть его H_2SO_4 перемещается к пластине Zn, где образуется $ZnSO_4$. (См. § 270.)

ЭКСПЕРИМЕНТ 111. Чтобы увидеть, что подразумевается под "локальными токами" в ячейке.

Аппарат. стакан с разбавленной серной кислотой. (§ 258); полоска немальгамированного цинка; кристаллик медного купороса (синего купороса) (№ 86); гвоздь из оцинкованного железа (№ 69), причем это железо, покрытое цинком.

272. Указания. (А) подержите ноготь в кислоте несколько секунд и отметьте результат.

(Б) натрите цинк медным купоросом просто в одном месте, затем поместите цинк в кислоту, отметив результат на месте.

273. Местное действие; Локальные токи. Обычный коммерческий цинк содержит такие примеси, как углерод, железо, свинец и т.д., в небольших количествах. Было замечено, [Пример 109](#), [108] что, когда различные металлы вступали в контакт с цинком, цинк быстро растворялся кислотой. Примеси в цинке действуют подобно медной пластине в простом элементе, создавая, таким образом, *локальные токи* в цинке, которые быстро разрушают его, не принося никакой пользы. Эти токи проходят от цинка к примесям и обратно к цинку, не выходя в основной провод. Это локальное действие происходит даже при разомкнутом главном контуре.

274. Причины амальгирования цинковых пластин. Разбавленная серная кислота не воздействует на чистый цинк, но он слишком дорог для использования в элементах; поэтому вместо него используется амальгмированный цинк, потому что он дешевле и действует так же, как чистый цинк. Примеси удаляются с поверхности цинка, поскольку ртуть растворяет только цинк. Таким образом, на поверхности амальгмированной пластины образуется жидкий слой чистого цинка с ртутью. Кислота не воздействует на него, когда цепь разомкнута. Амальгмированный цинк дает более сильный и равномерный ток, чем неамальгмированный цинк с примесями.

ЭКСПЕРИМЕНТ 112. Изучить "одножидкостный" гальванический элемент.

Аппарат. Гальваноскоп Gv (№ 58), (см. § 240 и т.д.); простая ячейка устроена так, как описано в § 275, цинк амальгмирован.

275. Простая ячейка должна быть устроена так, чтобы пластины прочно удерживались на месте. Цинк Zn (№ 60) и медь Cu (№ 67) следует прикрепить к деревянной поперечине Wscr (№ 70), как показано на [рис. 85](#). Следует соблюдать осторожность и не использовать винты более длинной длины, чем предусмотренные (№ 72). Если винты соприкоснутся друг с другом, это приведет к короткому замыканию элемента. Частично заполните стакан (№ 65) разбавленной серной кислотой (§ 258), присоедините провода с разъемами к пластинам. После этого

свободные концы проводов готовы к присоединению к устройству. Концы проводов *можно* закреплять под головками винтов вместо использования разъемов на пластинах. Не опускайте тарелки в кислоту, пока не прочтете "инструкции".

276. Указания. (А) Расположите, как показано на [рис. 86](#). Поместите катушки Gv, N и S ([§ 244](#)). *Перед* помещением пластин в кислоту присоедините их к 15-витковой катушке Gv ([§ 242](#)). Стрелка компаса должна указывать на ноль. Следите за тем, чтобы стрелка свободно качалась.

(В) Поместите пластины в кислоту и *быстро* остановите иглу с помощью руки, чтобы вы могли сразу снять показания, прежде чем пузырьки водорода полностью покроют медную пластину. Наблюдайте за движением стрелки в течение нескольких минут. Запишите показания в градусах в начале эксперимента и в конце пяти минут. (См. Примечание.)

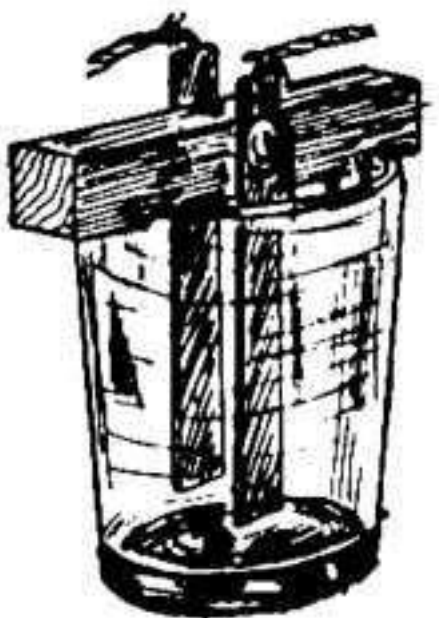


Рис. 85.

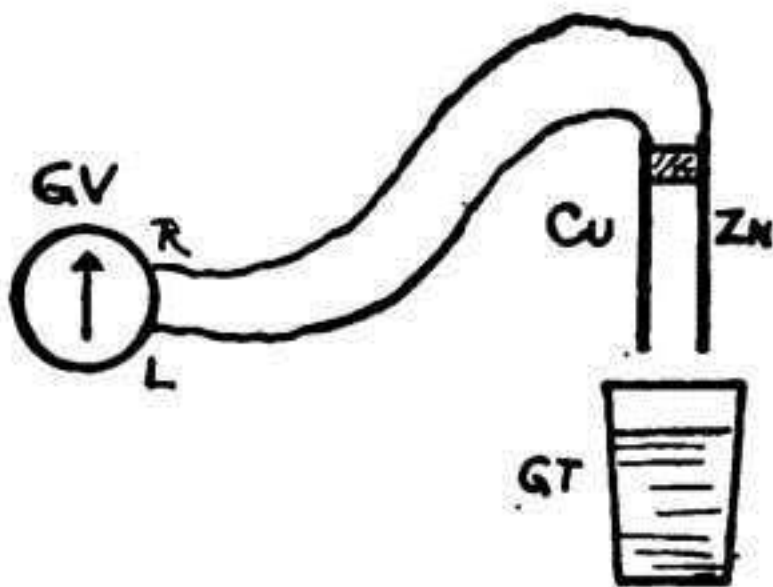


Рис. 86.

Примечание. Если положение иглы не меняется, причем изменение начинается в течение 10 секунд после того, как пластины опущены в кислоту, извлеките пластины, затем очистите и тщательно высушите медь, чтобы удалить все следы водорода. Это можно сделать, нагрев медь на газовой плите. Дайте меди постоять на воздухе 15 минут, затем попробуйте снова. При первом измерении необходимо работать быстро. Поймайте иглу во время ее *первого* взмаха. Если вы позволите ему раскачиваться взад-вперед, пока он не остановится, ваше первое чтение будет не таким, каким оно должно быть.

(C) После того, как игла останется в одном положении без изменений в течение 2-3 минут, возьмитесь за деревянную поперечину, поведите пластинки взад-вперед в кислоте, чтобы удалить пузырьки водорода, и внимательно следите за движением иглы. Кажется ли ток сильнее при перемещении пластин? Можете ли вы вернуть стрелку к первому показанию?

(D) Выньте пластины из кислоты, высушите и очистите медь, дайте им постоять на воздухе в течение 15 минут, затем выполните еще одно быстрое считывание и сравните его с первым.

278. Поляризация клеток. Кислота, конечно, становится немного слабее, поскольку она разлагается цинком (§ 270), но главной причиной ослабления тока является водород, который образует пленочное покрытие на медной пластине. Кажется, что это покрытие даже впитывается в медь, и требуется некоторое время для его тщательного удаления. Благодаря амальгамации цинковая пластина относительно свободна от водорода.

279. Эффекты поляризации. Пузырьки водорода ослабляют ток по крайней мере двумя способами. Во-первых, водород не является проводником электричества; поэтому он сдерживает ток, как это сделало бы любое другое сопротивление.

Во-вторых, кислота действует на водород так же, как на другой металл. Когда медная пластинка хорошо покрывается водородом, кислота не может коснуться ее; таким образом, у нас действительно есть *водородная пластинка* в ячейке. Водород действует очень похоже на цинк в кислоте; мы говорим, что он более электроположителен, чем медь. Таким образом, в результате возникает новый ток, и поскольку он направлен к цинку в кислоте, он частично разрушает или нейтрализует основной ток соединения цинка с медью. Принципы поляризации используются на практике (см. Вторичные батареи).

280. Средства от поляризации; Деполяризаторы. Любая схема, с помощью которой водород может быть разрушен и удален с неактивной, или отрицательной пластины, предотвратит поляризацию. Для удаления водорода были использованы *механические* средства за счет поддержания постоянной циркуляции жидкости. *Химическое воздействие* - это еще одно средство, с помощью которого водород может отводиться в сторону до того, как он попадет на пластину в ячейках с одной жидкостью. Такие вещества, как азотная кислота и бихромат калия, называемые *деполяризаторами*, содержат большое количество кислорода, и во время происходящих химических изменений этот кислород соединяется с [111] водородом. Эти вещества используются в цинк-углеродных элементах. (См. § 286 и др. для различных форм клеток.)

Существует другая форма ячейки, *двухжидкостной*, в которой используются *электрохимические* средства и в которой на пластину вместо водорода наносится металл. Пластина обычно медная, на нее наносится медь.

ЭКСПЕРИМЕНТ 113. Изучить "двухжидкостный" гальванический элемент.

Аппарат. Стекланный стакан, Gt, (№ 65); пористый стакан, Pc, (№ 73); полоска цинка (№ 60), хорошо амальгамированная (§ 257), или стержень из амальгамированного цинка (№ 74); кусок листовой меди (№ 75), согнутый так, чтобы он окружал Pc; медные провода, Sw, с соединителями; насыщенный раствор медного купороса, обычно называемый синим купоросом или голубым камнем (см. § 283); разбавленная серная кислота (см. § 258). Исходя из вышесказанного, настройте двухжидкостную ячейку (см. § 281). Также необходим комплектный гальваноскоп Gv, а для проведения количественных исследований необходима пара весов весом до 0,1 грамма. (См. Приложение. Книга, глава I, о самодельных двухжидкостных ячейках.)

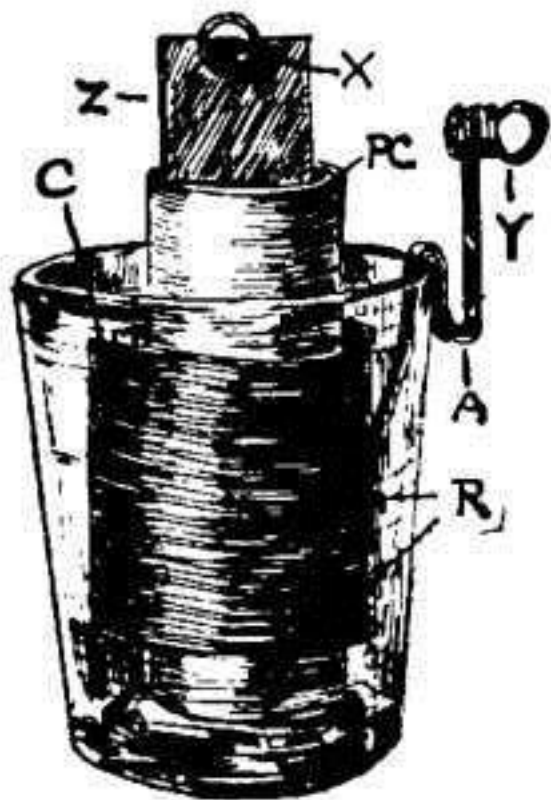


Рис. 87.

281. Установка двухжидкостной ячейки. Рис. 87. Поместите стержень из амальгмированного цинка, Zn, в Pc, затем поместите Pc в стакан, Gt; вставьте медную пластину, как показано на рисунке. Налейте разбавленную кислоту (§ 258) в кастрюлю с жидкостью, пока она не настоится примерно на 2½ дюйма. глубоко; затем сразу же налейте раствор меди (§ 283) в емкость с внешней стороны Pc, пока он не достигнет той же высоты, что и кислота в Pc. Как только жидкости впитаются в Pc, ячейка будет готова к использованию; но лучше сразу подключить ее к гальваноскопу и отметить увеличение тока в течение первых нескольких минут, пока жидкости впитываются через Pc. Кристалл медного купороса следует поместить за пределы Pc, чтобы сохранить полную крепость раствора. Это форма хорошо известной ячейки Даниэля. На рис. 87 показана форма самодельной двухжидкостной ячейки, описанная в Книге по приборам. Если он у вас есть в наличии, используйте стержень вместо листового цинка и соединители на пластинах.

282. Уход за двухжидкостной ячейкой. Эту экспериментальную ячейку следует разбирать, когда она не используется. Не следует оставлять его в разомкнутом контуре даже на полчаса. Даже после снятия пластин на Р С может осесть медь в случае наличия на нем каких-либо металлических примесей. Достаньте тарелки и столовые приборы и тщательно вымойте их. Раствор меди следует налить в бутылку, чтобы предотвратить испарение; разбавленную кислоту можно выбросить и заменить свежей кислотой для следующего эксперимента.

283. Раствор медного купороса готовят путем добавления синих кристаллов в воду до полного растворения — то есть раствор должен быть "насыщенным", а дополнительные кристаллы всегда должны оставаться в бутылке с запасом. Примерно одной унции кристаллов на половину

стакана воды будет достаточно, но pintу или около того следует заваривать за один раз и хранить в бутылках, чтобы сэкономить время.

284. Указания. (А) Если у вас есть весы с точностью до 0,1 грамма, тщательно взвесьте медь и цинк, прежде чем продолжить. Их следует вымыть и высушить тканью. Следите за тем, чтобы на цинке не было капель ртути, которые могли бы упасть во время эксперимента.

(В) замените пластины в ячейке и подсоедините их к 15-витковой катушке переменного тока, расположенной N и S. Оставьте цепь замкнутой в течение получаса и регистрируйте положение иглы каждые 5 минут.

(С) Снова промойте, высушите тканью, не вытирая, и взвесьте цинк и медь. Сравните новые веса с теми, которые приведены в (А).

285. Химическое действие в двухжидкостном элементе. В элементе такой формы не допускается скопление водорода на медной пластине. Действие внутри Рс подобно[113] тому, что описано в § 270, когда водород высвобождается. Как только этот водород (H_2) вступает в контакт с сульфатом меди ($CuSO_4$) и он начинает делать это в стенках Рс, происходит новая химическая реакция. Водород притягивается к SO_4 сильнее, чем к Cu , поэтому он соединяется с SO_4 , образуя H_2SO_4 (серная кислота), и это одновременно выбрасывает Cu целиком. Затем эта медь, вместо водорода, осаждается на медную пластину в свободном виде. Ток постоянен, поскольку поляризация отсутствует.

286. Различные гальванические элементы; Элементы с открытым и замкнутым контурами. Не существует элемента какой-либо одной формы, которая лучше всего подходит для всех видов работ. Если требуются только кратковременные токи, например, для звонков, телефонов и т.д., когда у элемента достаточно времени для отдыха, используются *элементы с разомкнутой цепью*. Однако эти элементы поляризуются, когда цепь должна быть замкнута на какой-либо промежуток времени. Элементы этой формы всегда готовы к использованию и могут не нуждаться в уходе в течение нескольких месяцев. Наиболее распространенными формами ячеек с разомкнутым контуром являются *ячейки Лекланше* (§ 287) и *сухие* ячейки (§ 288). Элементы с разомкнутым контуром быстро поляризуются, потому что деполяризатор (§ 280) медленно разрушает водород.

Когда требуется сильный ток в течение значительного времени, например, для телеграфных линий, двигателей и т.д., необходима ячейка с *замкнутой* цепью. Деполяризация должна быть быстрой и постоянной. *Бихромат* (§ 289) и *ячейка Даниэля* (§ 290.) являются очень распространенными формами ячеек с замкнутым контуром. (Смотрите также, Ячейки для хранения данных.)

287. Ячейка Лекланше представляет собой ячейку с открытым контуром, в которой углерод и цинк являются пластинами. Углерод окружен диоксидом марганца, деполяризатором; они либо упакованы вместе в пористый стакан, либо последний спрессован в блоки, которые прикреплены к углероду. Пористый стакан стоит в банке, содержащей раствор нашатырного спирта (хлорида аммония), который действует как возбуждающая жидкость и в котором находится цинковый стержень. При разомкнутом контуре на цинк не воздействуют. Водород, выделяющийся при разложении хлорида аммония, разрушается кислородом, содержащимся в диоксиде марганца. Электромагнитное напряжение составляет почти 1,5 вольта.

288. Сухие ячейки предназначены для работы в открытом контуре. Листовой цинк образует одновременно активную пластину и внешний цилиндр или корпус. Углеродная пластина действует как неактивная оп-пластина. Возбуждающая жидкость не проливается, поскольку она поглощается одним из различных веществ, используемых для этой цели.

289. Бихромат калийных элементов является очень распространенным для лабораторного использования. Он дает сильный ток и, хотя представляет собой единственную жидкостную ячейку, поляризуется нелегко. Используются цинковые и углеродные пластины. В серной кислоте, которая является возбуждающей жидкостью, растворен бихромат калия. Этот элемент используется для запуска небольших двигателей, индукционных катушек и т.д. Благодаря новым решениям он имеет электромагнитное напряжение около 2 Вольт. (О самодельных батарейках см. В книге по приборам, глава I.)

290. Ячейка Даниэля, формой которой является двухжидкостная ячейка, используемая в [примере 112](#), отличается постоянным током. Напряжение электромагнитного поля составляет чуть более 1 вольта, и оно должно работать через сопротивление, когда не используется регулярно; его не следует оставлять в разомкнутой цепи. Пористый стакан предотвращает смешивание двух жидкостей, но не останавливает ток.

291. Гравитационная ячейка является разновидностью вышеупомянутой. Поскольку одна из жидкостей тяжелее другой, пористый стакан не требуется. Сила тяжести вместе с действием тока способствует разделению жидкостей. На дно банки опускается медная пластина, на которую наносится раствор медного купороса. Цинковая пластина опирается на верхнюю часть банки и находится в растворе сульфата цинка, который светлее, чем синий раствор ниже. Изолированный провод проходит от меди через жидкость. Эта ячейка используется для телеграфирования и подобной работы. (Самодельную гравитационную ячейку, ее регулирование и т.д. см. в справочнике по приборам)

ГЛАВА XVI.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ.

ЭКСПЕРИМЕНТ 114. Чтобы понять, что подразумевается под "разделенными контурами" или "шунтами".

Аппарат. Гальваноскоп, Gv (№ 58); астатический гальваноскоп, Ag (№ 59); двухжидкостная ячейка, 2-Fc (см. § 281); 6 проводов с разъемами; маленькие тонкие кусочки олова или другого металла, Мр, для быстрого соединения (§ 226). *Расположите*, как показано на [рис. 88](#). Провода 1 и 4 от 2-Fc для удобства подводятся к металлическим пластинам М Р-А и М Р-В. Провода 2 и 3, идущие от Gv, также соединены с этими пластинами. Провода 5 и 6 (пунктирные линии) ведут от точки G, которую следует использовать в соответствии с указаниями в части (В) эксперимента. Убедитесь, что точка V. V установлена правильно. Убедитесь, что G отрегулировано.

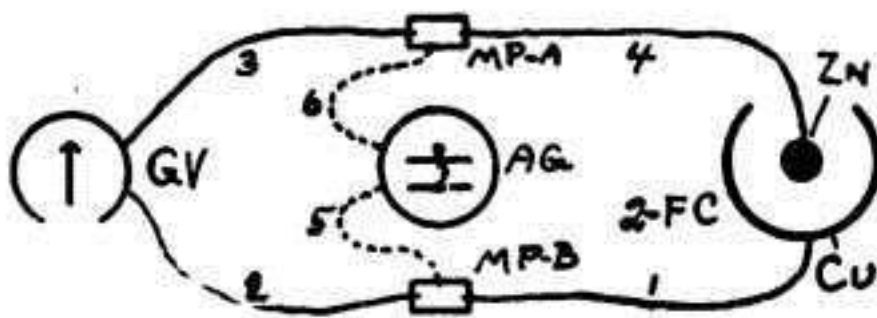


Рис. 88.

292. Указания. (А) Если буква "Г" не установлена, считайте G V. Теперь ток проходит от Cu через 1, МР-В, 2, G V, 3, МР-А, 4 к Zn.

(В) подсоедините провода 5 и 6 к пластинам, как показано пунктирными линиями. Снова возьмите показания Gv и сравните их с первыми показаниями. Проходит ли часть тока через точку G?

293. Разделенные цепи; Шунты. Ток делится в точке Мр-В на две части; одну часть можно назвать *шунтирующим* элементом другой. Говорят, что схема *разделена*; у нее есть две ветви. Если два конца провода присоединить к другому, как показано на [рис. 101](#), цепь также разделяется. Когда два или более проводника ведут бок о бок из одной точки в другую, они называются *параллельными* цепями; то есть проводники соединены параллельно.

Поскольку сильные токи могут повредить чувствительные гальванометры, [116] с помощью шунта через гальванометр может проходить только небольшая часть тока. На [рис. 89](#) показана такая схема, при которой большая часть тока проходит через шунт S. Существует множество практических применений шунтов.



Рис. 89.

ЭКСПЕРИМЕНТ 115. Чтобы понять, что подразумевается под "короткими замыканиями".

Аппарат. Примерно так же, как на [примере 114](#), [рис. 88](#). Астатический гальваноскоп не нужен; вместо него возьмите короткий кусок металла, такой как батарейная пластина или даже складной нож. *Расположите* как на [рис. 88](#), но без буквы G.

294. Указания. (А) При прохождении тока, как описано в [Примере 114](#) (А), примите значение G_V .

(В) Положите концы металлического или другого толстого проводника на М Р-А и М Р-В. Сравните новое значение G_V с приведенным в части (А).

(С) отсоедините проводник, используемый для короткого замыкания, измерьте напряжение в градусах, затем прикоснитесь от М Р-А к М Р-В; следите за G_V .

295. При несоблюдении осторожности очень часто возникают короткие замыкания. Не допускайте соприкосновения неизолированных проводов друг с другом. Как показал приведенный выше эксперимент, практически весь ток может подавляться с помощью *шунта с низким сопротивлением*. Гальванический элемент замыкается коротким замыканием при непосредственном соединении пластин проводом или другим проводником.

ГЛАВА XVII.

ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА.

296. Электродвижущая сила. Было заявлено, что гальванический элемент обладает способностью заряжать одну из своих пластин положительно, а другую отрицательно; эта мощность называется *электродвижущей силой*, и, для краткости, записывается Э.М.Ф. Э.М.Ф. ячейки зависит от типа используемых пластин и их состояния, химических веществ, используемых в возбуждающих жидкостях, и т.д. Чем больше электромагнитное поле элемента, тем больше его способность пропускать ток по проводам и т.д. Э.М.Ф. клетки не зависит от размера ее пластинок, как будут показаны в последующих экспериментах.

297. Единица измерения Э.М. Ф.; Вольт. Определенное количество Е. М. Ф. было принято за стандарт, и в честь Вольты оно было названо volt. Э.Д.С. двухжидкостного элемента, используемого в [примере 113](#), находится недалеко от 1 вольта. Если определенная ячейка способна поддерживать вдвое большую разницу потенциалов между своими выводами, чем ячейка Даниэля, мы говорим, что у нее электромагнитное сопротивление около 2 вольт.

Вольтметры - это приборы для измерения электромагнитного поля

ЭКСПЕРИМЕНТ 116. Чтобы увидеть, зависит ли электромагнитное поле ячейки от материалов, используемых в ее конструкции.

Аппарат. Стакан на две трети заполнен разбавленной серной кислотой (258); полоски цинка, Zn (№ 60); медные полоски, Cu (№ 67); железная полоска, I (№ 76); свинцовая полоска, L (№ 77); углеродный стержень (№ 64); гальваноскоп, G_V (№ 58); 2 провода с разъемами ([§ 226](#)), чтобы можно было быстро менять пластины; деревянная поперечина, Wcpr (№ 70).

Расположите, как показано на [рис. 90](#). Все металлические полоски одинакового размера; их можно крепко прижимать рукой к стенке, чтобы в каждом испытании они находились на

одинаковом расстоянии друг от друга. В каждом случае их следует опускать на дно стакана, чтобы на них действовало одинаковое количество кислоты. Поместите их надлежащим образом.

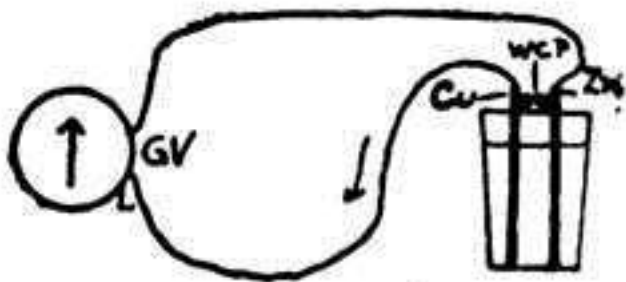


Рис. 90.

298. Указания. (A) Если Zn и Cu подключены к GV, как показано (рис. 90), измерьте показания в градусах и отметьте, в каком направлении (на восток или запад) отклонен N-й конец иглы. Сведите результаты в таблицу, как показано нарис. 91, заполнив каждый столбец вашей таблицы, оформленной на бумаге.

(B) Аналогичным образом попробуйте следующие комбинации в указанном порядке, в каждом случае соединяя первую упомянутую пластину с левой крепежной стойкой L из G V. Для (B) используйте цинк-железо.

(C) используйте цинк-свинец; (D) железо-медь; (E) железо-свинец; (F) свинец-медь; (G) медь-углерод.

РАЗДЕЛИТЕ	ТАРЕЛКИ.	ЖИДКОСТЬ.	ОТКЛОНЕНИЕ	ТОК В
			.	ЯЧЕЙКЕ ИЗ
(A)	ЦИНКА.	МЕДИ.	РАЗЛ. СУЛЬФ.	ОТ CU До ZN
			КИСЛОТА.	65° западной
				долготы.
(B)				
(C)				

Рис. 91.

299. Примечание. Некоторые комбинации создают лишь незначительные токи. В случае, если GV недостаточно чувствителен, чтобы четко показать, в какую сторону проходит ток, используйте вместо него астатический гальваноскоп для таких комбинаций.

300. Обсуждение. Пример 116 ясно показал, что различные комбинации металлов в кислоте обладают разной способностью пропускать электричество через гальваноскоп. Хотя некоторые пары металлов давали настолько слабый ток, что для изучения тока было необходимо использовать астатический гальваноскоп, все они производили *некоторый* ток, и по

результатам можно составить электродвижущий ряд (§ 301). Сила кислоты, состояние пластин и т.д. Влияют на Э.М.Ф. ячейки.

301. Электродвижущий ряд. Разбавленная кислота не на все металлы действует в одинаковой степени. Из результатов примера 116 видно, часть (B), что железо электроотрицательно по отношению к цинку; то есть ток в ячейке протекает от цинка к железу. Часть (D) показала, что железо является электроположительным по отношению к меди, поскольку ток в элементе протекал от железа к меди. Металлы можно расположить в ряд, один под другим, таким образом, что любой из них будет электроотрицательным по отношению к металлам, расположенным над ним, и электроположительным по отношению к металлам, расположенным под ним; то есть в списке должен быть самый электроположительный металл вверху, а тот, на который меньше всего воздействует кислота, внизу. Составьте такой список на основе ваших результатов. Чем дальше друг от друга в списке используемые металлы, тем больше будет Э.М.Ф. ячейки. На хороший углерод воздействуют меньше всего, поэтому цинк и углерод лучше, чем цинк и медь.

ЭКСПЕРИМЕНТ 117. Чтобы увидеть, зависит ли электродвижущая сила элемента от его размера.

Аппарат. Гальваноскоп; два стеклянных стакана; разбавленная кислота; две деревянные поперечины; две медные и две цинковые полоски того же размера, что и для примера 112. (См. § 275). Эти материалы образуют две простые ячейки, как нарис. 85. В одном стакане содержится около 3 дюймов кислоты, а в другом - всего 1 дюйм. в другой. Тогда пластины одной ячейки будут примерно 2½ дюйма. в кислоте, а пластины другой ячейки - только ½ дюйма. в кислоте. Это дает нам тот же эффект, что и большая и маленькая ячейки.

302. Указания. (A) Соедините большую и малую ячейки с помощью Gv так, чтобы их токи были противоположны друг другу. Для этого соедините две цинковые пластины с помощью провода и разъемов. Двумя другими проводами соедините две медные пластины с креплениями гальваноскопа и следите за любыми показателями тока. Противостоит ли одна клетка другой?

303. Обсуждение. Таким образом, Э.М.Ф. ячейки не зависят от размера ее пластин. Маленький кусочек цинка — то есть тот, который содержался в небольшом количестве кислоты, — обладал тем же потенциалом, что и большой кусок; они, должно быть, обладали им, поскольку были соединены. Большой элемент при определенных условиях будет давать более сильный ток, чем маленький; но это зависит не только от электромагнитного поля (см. Эксперименты в разделе Сила тока). Цинково-медный элемент, подобный только что использованному (Пример 117), имеет то же напряжение, что и аналогичный элемент, даже если он сделан размером с бочонок.

ГЛАВА XVIII.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ.

305. Сопротивление. Лошади труднее тащить повозку по глубокому песку, чем по гладкому тротуару. Мы можем сказать, что песок сдерживает лошадь, то есть оказывает сопротивление. Электрический ток не проходит через все виды веществ с одинаковой легкостью, и когда ему удастся проложить свой путь через цепь со значительным сопротивлением, мы не можем ожидать, что он достигнет конца своего пути, не оказавшись слабее, чем в начале. Ожидаем ли мы этого от человека или лошади? Вскоре мы увидим, что существует определенная связь между сопротивлением и силой течения в конце его пути.

ЭКСПЕРИМЕНТ 118. Изучить общее влияние "сопротивления" на ток.

Аппарат. Гальваноскоп, Gv (№ 58); катушка сопротивления, Rcc (№ 79) (§ 310); двухжидкостная ячейка, 2-Fc (§ 281); 4 провода с разъемами (§ 226). *Расположите*, как показано на рис. 92. Ток проходит, как показано стрелкой, и цепь может размыкаться с помощью металлической пластины Mr или с помощью ключа вместо нее. Правильно установите Gv

306. Указания. (А) Возьмите значение Gv в градусах, ток, проходящий по всей длине Rcc (см. § 310.)

(В) замените конец провода 4 с соединительной стойки R на M на Rcc, чтобы ток проходил только через половину Rcc. Обратите внимание на показания Gv.

(С) Полностью отсоедините R C и подсоедините провода 3 и 4 с помощью металлической пластины. Сравните показания (А), (В) и (С). Что они показывают?

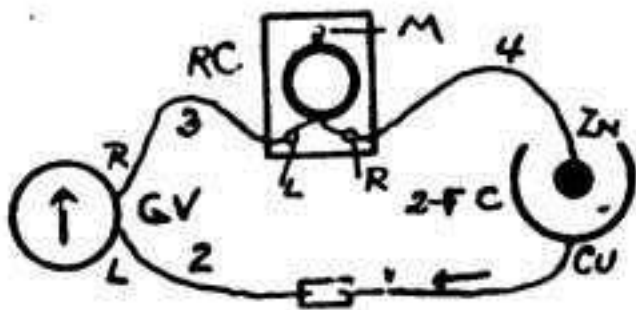


Рис. 92.

307. Внешнее сопротивление; Внутреннее сопротивление. Когда мы рассматриваем схему, как показано в [121] фиг. 92 мы видим, что он состоит из двух частей, и что у нас есть два вида сопротивлений. Провода, инструменты и т.д. Составляют то, что называется *внешним сопротивлением* цепи; то есть ту часть, которая является внешней по отношению к элементу. Жидкости в элементе оказывают сопротивление току; это называется *внутренним сопротивлением*. (См. § 314.) Сила тока зависит от соотношения между этими двумя сопротивлениями, как будут видны в будущих экспериментах, а также от электромагнитного поля элемента. Поскольку жидкости являются не такими хорошими проводниками, как металлы, внутреннее сопротивление элементов может быть довольно высоким.

308. Единица измерения сопротивления; Ом. Всякий раз, когда требуется что-либо измерить, необходим стандарт, или единица измерения. Единица сопротивления называется Ом, в честь Ома, который провел тщательные исследования по этому вопросу. За единицу был принят столбик ртути длиной чуть более 3 футов. (Взятый столбик имеет длину 106,3 см и вес 14,4521 грамма; его поперечное сечение составляет около 1 кв. мм при температуре 0 ° С.) Ртуть является жидкостью и не имеет "зерен", влияющих на сопротивление. Для использования студентами 9 футов 9 дюймов медного провода № 30 или 39 футов 1 дюйм медного провода № 24 составят довольно хороший ом. Мы могли бы, конечно, взять любую другую длину в качестве нашего стандарта; однако приведенные выше результаты будут приблизительно правильными. (Смотрите [Таблицы проводов](#) в конце этой книги.)

309. Катушки сопротивления; Коробки сопротивления. Катушки проволоки с тщательно измеренным сопротивлением называются *катушками сопротивления*. Провод для любой катушки удваивается в центре, прежде чем его наматывают на катушки[122] ([рис. 93](#)), чтобы избежать магнитного эффекта. Концы катушек прикреплены к крепежным стойкам или к латунным блокам в обычных приборах, так что одновременно можно использовать одну или несколько катушек, то есть с ними можно обращаться способом, аналогичным тому, при котором используются различные катушки в гальваноскопе.

Если у нас есть 4 катушки сопротивлением 1, 2, 2 и 5 Ом, мы сможем использовать любое количество Ом от 1 до 10, выполнив соответствующие соединения. (Информацию о самодельных катушках сопротивления смотрите в книге по приборам, глава XVII.)

Для защиты и удобства катушки обычно помещают в коробку, которая в целом называется *коробкой сопротивления*. Концы катушек соединены с латунными блоками, расположенными рядом друг с другом в верхней части коробки и между которыми могут быть зажаты заглушки, когда требуется закортить катушки. При извлечении вилки катушка, концы которой соединены с соприкасающимися с ней блоками, включается в цепь.

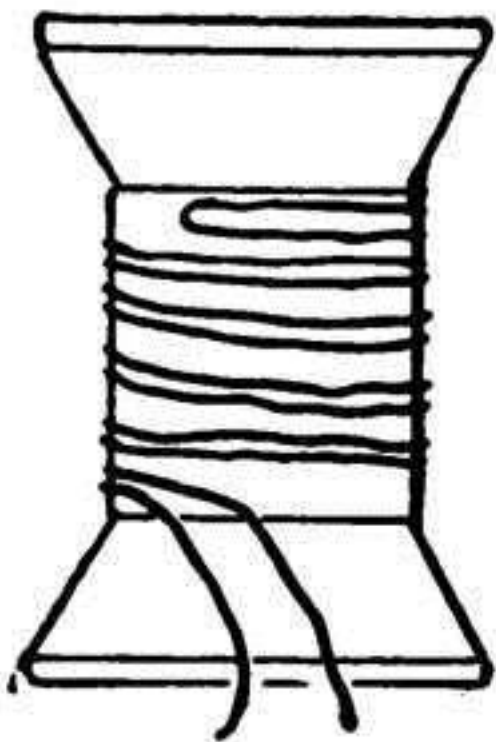


Рис. 93.

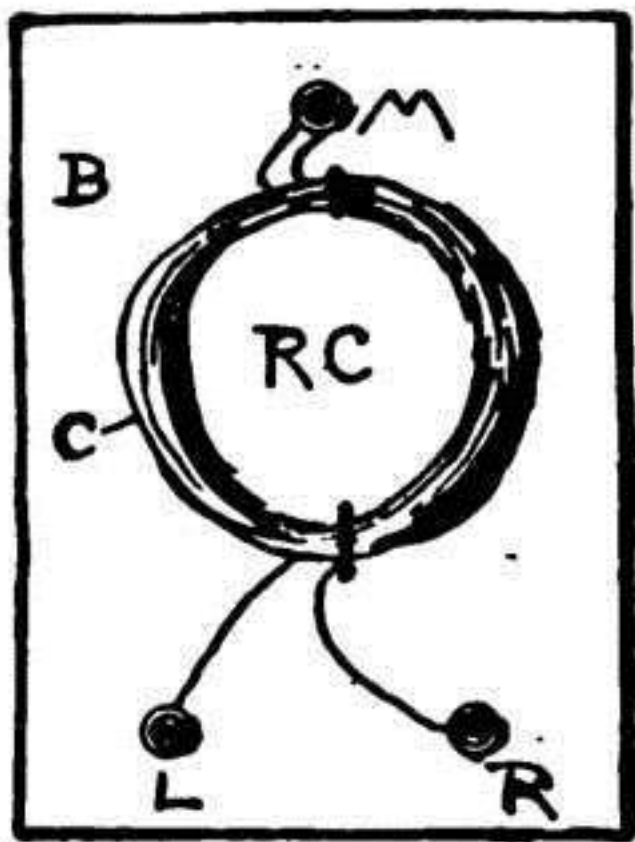


Рис. 94.

310. Простая катушка сопротивления. На рис. 94 показана катушка простой формы R C (№ 79). Общее сопротивление составляет 2 Ом, причем L (слева) и R (справа) являются соединительными стойками, к которым присоединяются концы катушки C. М (середина) соединяется с серединой провода, в этом месте провод складывается вдвое. Катушка крепится к жесткой картонной основе В.

Подключения. Если требуется сопротивление 2 Ом, пусть ток входит на уровне L и выходит на уровне R (или наоборот). Если требуется 1 Ом, дайте току выйти или войти в точку М, другой провод подсоедините к L или к R. Соединения должны выполняться с помощью пружинных соединителей. См. § 229.

ЭКСПЕРИМЕНТ 119. Проверить способность различных веществ проводить гальваническое электричество.

Устройство. Гальваноскоп, Gv (№ 58); сухая ячейка постоянного тока или двухжидкостная ячейка 2-Fc; кусочки различных металлов; дерево, сухое и влажное; стакан с чистой водой; резина; эбонит; шелк; стекло и т.д. и т.п. *Расположите* так, как показано на рис. 92, исключая Rси вместо того, чтобы располагать Mr между проволоками 1 и 2, используйте их свободные концы для плотного прижатия к концам испытуемого вещества; то есть испытуемое тело должно

занимать место Мр на рис. Gv, конечно, покажет прогиб, если тестируемый предмет является проводником.

311. Указания. (А) проведите тесты с вышеуказанными веществами и любыми другими, имеющимися под рукой, и отметьте, какие из них являются проводниками, а какие нет.

312. Проводники и непроводники. Из экспериментов очевидно, что тела, проводящие статическое электричество, не обязательно проводят гальваническое электричество. Чем больше Э.М.Ф. тока, тем больше его способность преодолевать сопротивление. Некоторые материалы, такие как сухое дерево, которые легко проводят статическое электричество высокого потенциала, являются довольно хорошими изоляторами для гальванических токов низкого потенциала. Для удобства вещества можно разделить на *хорошие проводники*, *частичные проводники* и *изоляторы*, или непроводники.

Хорошие проводники. Металлы, древесный уголь, графит, кислоты и т.д.

Частичные проводники. Сухое дерево, бумага, хлопок и т.д.

Изоляторы. Масла, фарфор, шелк, смолы, шеллак, эбонит, парафин, стекло, сухой воздух.

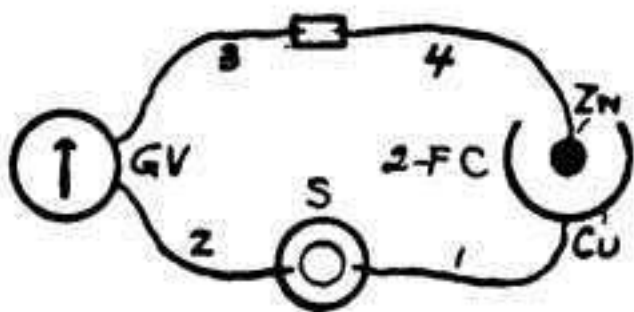


Рис. 95.

ЭКСПЕРИМЕНТ 120. Определить влияние серной кислоты на электропроводность воды.

Аппарат. Гальваноскоп, Gv; ячейка; 2-Fc; соединительные провода; блюдце или стакан, S; немного серной кислоты.

Расположите так, как показано на [рис. 95](#).

313. Указания. (А) Налейте немного чистой воды в S и посмотрите, сможет ли через него пройти ток, достаточный для отклонения стрелки G V. Концы проволочек, 1 и 2, следует постепенно двигать навстречу друг другу, следя за иглой.

(В) Добавьте 4 или 5 капель концентрированной кислоты в воду; размешайте, затем повторите тест. Какой эффект оказывает кислота?

314. Внутреннее сопротивление. Как показано в [примере 120](#), чистая вода не является хорошим проводником гальванического электричества. Кислота в простом элементе и в других

элементах с одной жидкостью воздействует на цинк и в то же время обеспечивает прохождение тока, поскольку снижает внутреннее сопротивление.

Как будет показано ниже, это сопротивление в клетках значительно снижается при приближении пластин друг к другу и при увеличении поверхности пластин, которые находятся в контакте с кислотой. Чем больше пластины, тем меньше внутреннее сопротивление, в остальном все остается прежним. Внутреннее сопротивление батареи можно изменить, подсоединив элементы по-другому. (См. Главу. о [расположении ячеек.](#))

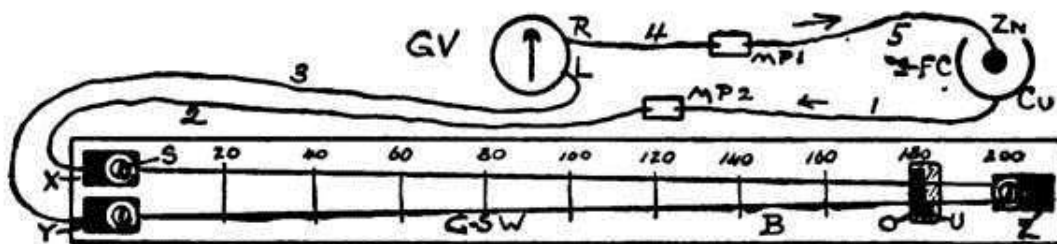


Рис. 96.

ЭКСПЕРИМЕНТ 121. Определить, какое влияние длина провода оказывает на его электрическое сопротивление.

Устройство. Проволока из немецкого серебра № 30, G-Sw, длиной чуть более двух метров, без изоляции (№ 81); двухжидкостный элемент 2-Fc ([Пример 113](#)); гальваноскоп, Gv (№ 58); пластинчатые крепежные штифты X, Y и Z (№ 83-84-85); медные шайбы (№ 87).

Расположите так, как показано на [рис. 96](#), чтобы сначала проходил ток, как показано стрелкой. Металлические пластины Мр1 и Мр2 используются для того, чтобы соединения можно было менять, не нарушая Gv. Крепежные столбы можно прикрепить непосредственно к столешнице, но удобнее будет постоянно прикреплять их к доске а, В, как показано на рисунке, чтобы то же самое устройство можно было использовать для будущих экспериментов. Крепежные элементы X и Y должны располагаться примерно на расстоянии 1/8 дюйма друг от друга, достаточно далеко, чтобы их края не касались друг друга.

Скрепляющий стержень Z должен быть прикреплен к В своим внутренним концом на расстоянии 1 метра (100 сантиметров) от концов X и Y. На В следует сделать отметки на расстоянии 10 сантиметров друг от друга, как указано поперечными линиями. Это расстояние может быть взято из шкалы на линейке (№ 88).

Прикрепите один конец проволоки № 30, G-S W, к X. Для этого закрутите его конец вокруг винта S между X и медной шайбой, затем закручивайте винт отверткой до тех пор, пока он прочно не прикрепит X к плате. Проденьте проволоку вокруг винта в Z и поднесите ее свободный конец к другой крепежной стойке, Y, для закрепления ([рис. 96](#)). Затем два метра провода образуют путь для тока от X к Y. Сделайте доску достаточно широкой, чтобы рядом с Y. можно было установить еще один набор крепежных столбов. Лучше всего будет навсегда оставить проволоку № 30 на доске, а проволоку № 28 прикрепить (следующий эксперимент) к другому набору крепежных стержней, расположенных таким же образом, как показано на [рис. 96](#). Прodelайте отверстия в дереве шилом, прежде чем вдавливать шурупы.

315. Примечание. Этот эксперимент обычно проводят с реверсором в цепи, сначала снимая показания при токе, проходящем в одном направлении, а затем в противоположном. Вы значительно сэкономите время, если будете снимать все показания для одного направления тока одновременно, просто используя проволоку из немецкого серебра разной длины и позволяя току протекать постоянно на протяжении каждой детали. Это устраняет любую опасность плохих контактов в реверсивном устройстве и т.д.; это избавляет от хлопот по обращению с реверсивным устройством и от значительной части времени, необходимого для остановки иглы.

Длина ЦО., См.	200	180	160	140	120	100	80	60	200	O'
Отклонения; Западно -	26°	28°	30°						26°	67°
Отклонения; Восточно -	25°	27°	30°						25°	67°
Среднем	25.5	27.5	30						25.5	67

Рис. 97.

316. Указания. (А) Используя схему, расположенную так, как показано на [рис. 96](#), и правильно расположив Gv, снимите показания Gv, тока, проходящего через 200 см. № 30 G-S W. Запишите свои результаты на диаграмме, сделанной, как на [рис. 97](#). Ряд цифр вверху показывает длину цепи. Таблица начинается с результатов одного эксперимента. Ваши результаты, вероятно, будут отличаться от этих.

(Б) Получите отклонение при прохождении тока через провод длиной 180 см. Для этого прижмите кусочек меди (О, [рис. 96](#)) к проволоке на отметке в 10 см. от Z, подсунув под проволоку другой тонкий кусочек металла, U. Это позволит току проходить от одного провода к другому. Запишите отклонение в столбик. обозначено 180.

(С) запишите отклонения для длин 160 см., 140, 120, 100, 80, и 60; затем повторите (А), чтобы убедиться, что ячейка работает равномерно. Это отклонение должно совпадать с указанным в пункте (А).

(D) измените направление тока на G B; для этого замените провод 1 с Mr2 на Mr1, а провод 5 - на Mr2. Это должно быть сделано без нарушения работы Gv

(Е) повторите (А), (В) и (С) и запишите отклонения для разных длин.

(F) Получить средние отклонения.

(G) возьмем для будущего использования отклонение, произведенное без включения G-Sw в цепь. Поверните конец провода 3, который соединен с Y, вокруг точки Mr 2. Затем ток будет проходить просто через точку G. Запишите отклонение в столбцах. отмечено O.

Примечание. Следующий эксперимент лучше всего проводить сразу с той же ячейкой, чтобы можно было сравнить результаты двух экспериментов. В случае, если это невозможно, сделайте так, чтобы ваша ячейка производила такое же отклонение при повторном использовании, как показано в col. O, [Рис. 97](#). Вы можете регулировать отклонение иглы Gv, изменяя крепость и количество кислоты в РС

317. Обсуждение. Очевидно, что сопротивление провода зависит ([Пример 121](#)) от его длины. Однако из этих результатов не видно *точного* соотношения между сопротивлением и длиной, которое используется в следующем эксперименте. Позже будет показано, что в проводе, при прочих равных условиях, сопротивление изменяется прямо пропорционально его длине.

ЭКСПЕРИМЕНТ 122. Определить, какое влияние размер (площадь поперечного сечения) провода оказывает на его электрическое сопротивление.

Аппарат. То же, что и в прошлом эксперименте, однако с одним изменением. Замените серебряную проволоку № 30 Г на серебряную проволоку № 28 Г (№ 82) или, что еще лучше, прикрепите ее к другому набору креплений на доске, а № 30 оставьте для использования в будущем. Их следует растягивать рядом для постоянного использования.

318. Указания. (А) Убедитесь, что ваша ячейка находится в том же состоянии, что и для [примера 121](#); то есть она должна производить такое же отклонение стрелки G_v , как и раньше, когда в цепи только две. (См. [Пример 121](#), G.) Отклонение может быть изменено путем изменения силы и количества разбавленной кислоты и раствора меди.

(В) Найдите среднее отклонение стрелки с помощью 2 метров провода № 28 G-s в цепи, расположенной так, как показано на [рис. 96](#).

(С) Сравните это среднее отклонение с результатами, полученными в [примере 121](#), чтобы определить, какая длина провода № 30 имеет такое же сопротивление, как 2 метра провода № 28. Чтобы определить, во сколько раз одна длина больше другой, мы делим большую длину на меньшую; следовательно, чтобы найти соотношение между двумя отрезками проволоки, которые давали одинаковый прогиб, — отрезками с равным сопротивлением, — мы делим 200 сантиметров (длину № 28) на длину № 30, найденную в соответствии с указаниями.

(D) Из таблиц с проволокой следует, что площадь поперечного сечения проволоки № 28 примерно в 1,59 раза больше, чем у проволоки № 30. Как этот коэффициент соотносится с показателем, указанным в части (С)? Какова связь между площадью поперечного сечения провода и его сопротивлением? (См. [§ 319](#), также [Пример 136](#).)

319. Обсуждение. Если мы обнаружим, что определенный провод X длиной 576 футов имеет такое же сопротивление, что и более короткий провод Y длиной 360 футов, мы увидим (576, разделенное на 360), что отношение их длин равно 1,6. Это означает, что [128] более длинный провод X в 1,6 раза лучше проводника, чем Y; или, другими словами, что сопротивление Y в 1,6 раза больше, чем у X.

Воде легче течь по большой трубе, чем по маленькой. Тот же общий принцип справедлив и для электричества. Большой провод оказывает меньшее сопротивление току, чем маленький провод из того же материала. Если один провод в два раза больше другого такой же длины, он будет в два раза лучшим проводником, чем другой; то есть он будет иметь сопротивление в два раза меньшее, при условии, что они сделаны из одного и того же материала. (См. Законы.)

ЭКСПЕРИМЕНТ 123. Сравнить сопротивление разделенной цепи с сопротивлением одной из ее ветвей.

Устройство. То же, что и в последнем эксперименте. Расположите, как показано на [рис. 98](#).

320. Указания. (А) Обратите внимание на отклонение стрелки, когда ток проходит через 1 метр провода G-s, как показано. Это будет рассматриваться как одно ответвление разделенной схемы.

(В) Продолжая пропускать ток, как показано в части (А), плотно прижмите кусок меди к соединительным штифтам X и Y, чтобы электрически соединить их, и обратите внимание на показания иглы. В этом случае ток разделяется в точке Z на две ветви. Что можно извлечь из результатов (А) и (В)?

(С) Посмотрите, сможете ли вы показать те же результаты с устройством, расположенным так, как на [рис. 99](#).

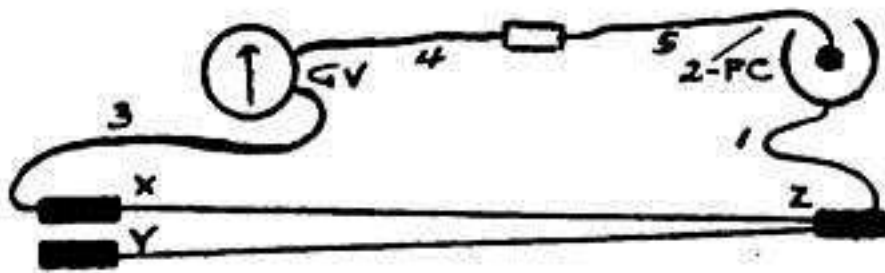


Рис. 98.

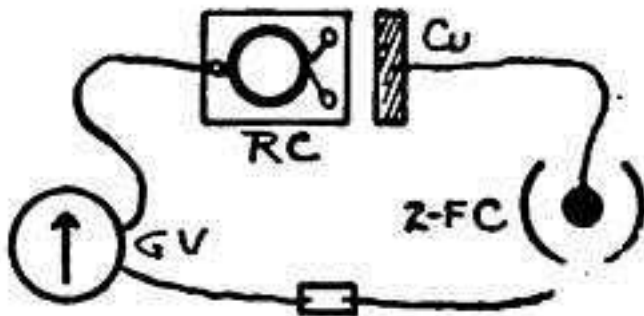


Рис. 99.

321. Обсуждение. Два провода, расположенные рядом, как в (В), [Пример 123](#), на самом деле образуют проводник, имеющий вдвое больший размер (площадь поперечного сечения) одной из ветвей. Чем больше путей проходит ток от одного места к [129] другому, тем меньше сопротивление. (См. [Пример 135](#).) Говорят, что провода расположены "параллельно" или по "множественной дуге".

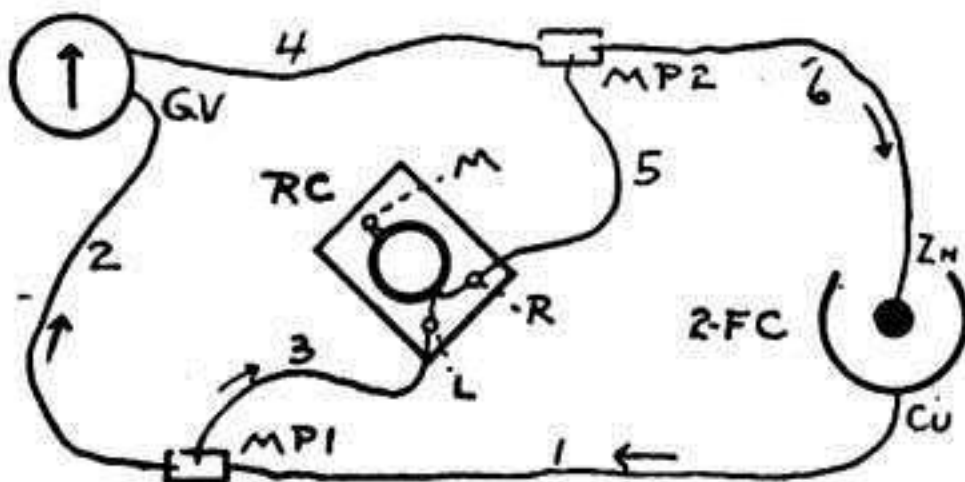


Рис. 100.

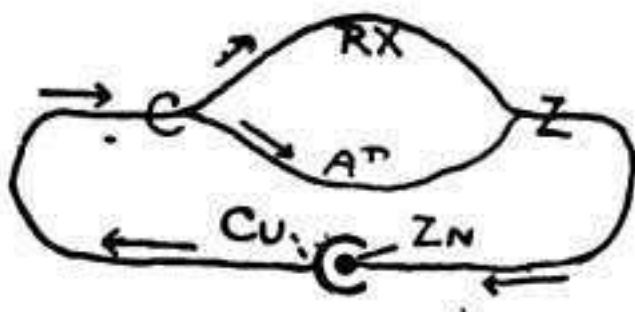


Рис. 101.

ЭКСПЕРИМЕНТ 124. Изучить эффект уменьшения сопротивления в одной ветви разделенной цепи.

Устройство. Гальваноскоп, Gv (№ 58); катушка сопротивления, Rcc (№ 79); двухжидкостная ячейка, 2-Фс (§ 281) или сухая ячейка; 6 соединительных проводов; металлические пластины, Мр

Расположите так, как показано на рис. 100, чтобы ток разделялся на две ветви с частотой Мр 1. Ветви соединяются в точке М Р 2.

322. Указания. (А) Возьмите значение Gv с сопротивлением 2 Ом в нижней ветви; то есть со всем Rсв в цепи.

(В) возьмите значение Gv с одним Ом в цепи; то есть с концом провода 5, подключенным к М, а не к R.

(С) Вырежьте стержень С из нижнего ответвления, заменив его металлической пластиной, соединив таким образом провода 3 и 5. Сравните результаты из (А), (В) и (С) и объясните.

323. Ток в разделенных цепях. Рассмотрим схему, подобную показанной на рис. 101. Если бы точки С и Z имели одинаковый потенциал, ток не проходил бы от С к Z. Поскольку ток действительно проходит, Z должен иметь более низкий потенциал, чем С; происходит падение

потенциала от С до Z. Если ответвление А В имеет то же сопротивление, что и R X, то через каждое из них будет проходить одинаковое количество тока. [Пример 124](#) показал, что когда ветви имеют неодинаковое сопротивление, большая часть тока проходит через ветвь с малым сопротивлением. Если R X имеет большее сопротивление, чем А В, большая часть тока будет проходить через А В.

ГЛАВА XIX.

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ.

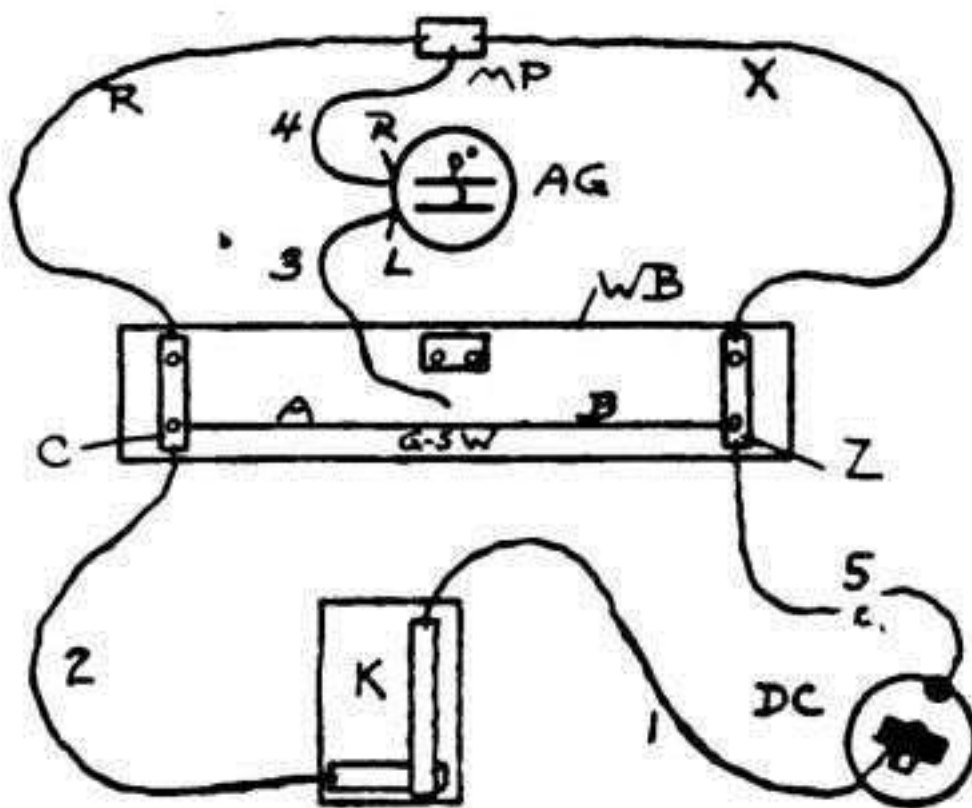


Рис. 102.

ЭКСПЕРИМЕНТ 125. Изучить конструкцию и использование простого "моста Уитстоуна".

Устройство. [Рис. 102](#). Мост Уитстоуна, Wb (№ 80), ([§ 324](#)); астатический гальваноскоп, А G (№ 59); сухая ячейка постоянного тока (№ 51); ключ К (№ 55); 7 проводов с пружинными соединителями, два из которых, R и X, одинаковой длины; металлическая пластина, Мр, для подключения проводов.

Расположите так, как показано на [рис. 102](#). Углерод Dc соединен с К, а это с точкой С перемычки. Цинк Dc соединяется с точкой Z на W B. Для наглядности между ответвлениями

помещена буква G. Проволока 3 присоединяется к левой опорной стойке буквы G, а проволока 4 присоединяется к Mr с правой. Когда конец провода 3 не касается G-Sw, очевидно, что как только нажимается K, ток разделяется в точке C на пути к Z, где ответвления снова соединяются. K используется для того, чтобы постоянный ток не поляризовывался при постоянном использовании.

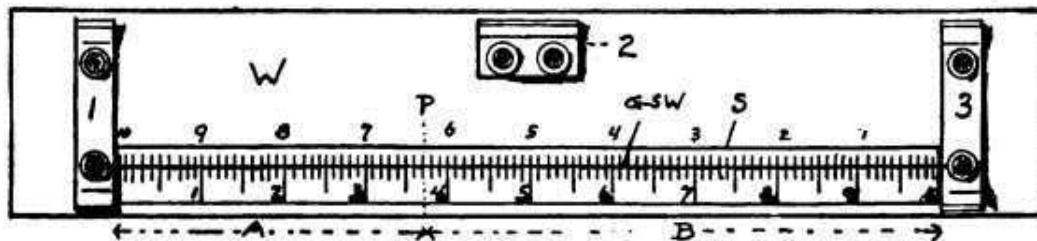


Рис. 103.

324. Простой мост Уитстоуна (рис. 103) состоит из деревянной основы W, на концах которой закреплены два алюминиевых провода, 1 и 3. С одной стороны W прикреплен еще один проводник, 2. На рис. 104 приведены виды проводников сбоку. Они используются просто для удобства выполнения соединений и заменяют металлические пластины, использовавшиеся в предыдущих экспериментах. Проволока из немецкого серебра, G-s W, натянута между цифрами 1 и 3, а под ней находится шкала S, разделенная на 100 мелких частей, которые составляют десятые доли более крупных делений. Концы G-s W удерживаются между проушинами, как показано на E, рис. 104.

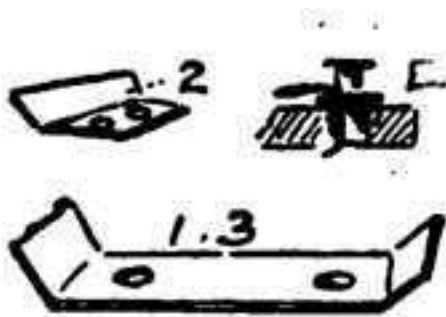


Рис. 104.

Считывание шкалы. Значение детали A можно считывать непосредственно со шкалы, используя нижний ряд цифр. Точка, отмеченная P, например, будет читаться как 3.7 (три и семь десятых больших делений); B будет равна 6.3, что определяется вычитанием 3.7 из 10. Сумма A и B всегда должна быть равна 10. 6.3 также можно прочесть напрямую, используя верхний ряд цифр для целых чисел, считая десятые доли слева. Попробуйте разделить хотя бы наименьшие деления пополам; то есть, если $A = 3,75$, $B = 6,25$. Внимательно считывайте показания.

325. Как проехать. (A) Прикоснитесь свободным концом провода 3 к точке C, потенциал которой выше M P. Нажмите клавишу K только на мгновение. Некоторый ток должен проходить через G в качестве шунта. Должна ли она переходить от C к Mr или наоборот? Обратите внимание, в каком направлении отклонен правый конец астатической стрелки.

(В) Поверните конец 3 и дотроньтесь им до точки Z, которая имеет меньший потенциал, чем М Р. Нажмите К на мгновение, понаблюдайте за стрелкой и сравните с результатами, приведенными в (А).

(С) перемещайте свободный конец 3 вдоль линии G-Sw, касаясь К через определенные промежутки времени, пока не будет найдена точка, в которой игла G не отклоняется. Как потенциал этой точки соотносится с потенциалом М Р?

326. Обсуждение; Равнозначные моменты. Поскольку один конец G-Sw имеет более высокий, а другой его конец имеет более низкий потенциал, чем Мр, где-то на нем должна быть точка, в которой потенциал такой же, как и в М Р. Это место быстро находят, перемещая свободный конец провода 3 вдоль, время от времени нажимая на К, пока G не покажет, что ток не имеет тенденции проходить через него ни в одном направлении, когда ток проходит от С к Z через [132] две ветви разделенной цепи. Эта точка и Мр называются *эквипотенциальными точками*.

Если сопротивление части X должно быть увеличено, должно быть очевидно, что часть мостового провода В также должна быть увеличена, чтобы найти точку, имеющую тот же потенциал, что и Мр; то есть конец 3 должен быть перемещен в сторону С.

В мостовом проводе мы имеем простое средство изменения сопротивления его частей А и В.

327. Использование моста Уитстоуна. При испытании будет обнаружено, что если мы поместим сопротивление 2 Ом вместо R, [рис. 102](#), и 2 Ом вместо X, то свободный конец провода 3 должен будет находиться в центре переключки, чтобы получить "баланс"; то есть найти место, где G не затрагивается. Независимо от того, каково сопротивление R и X, при условии, что они равны, это будет правдой. Значение как А, так и В на шкале будет составлять 5 целых пробелов без десятых. Из этого мы видим, что $A : B :: R : X$, который читается как *А относится к В поскольку R относится к X*; это означает, что $A \times X = B \times R$. Учитывая значения букв, мы имеем $5 \times 2 = 5 \times 2$. Если бы мы не знали значения X, то есть если бы мы измеряли сопротивление катушки провода, используя катушку 2 Ом в качестве стандарта, или R, мы могли бы найти значение X, зная остальные 3 части пропорции. $5 \times X = 5 \times 2$, что означает, что в 5 раз большее значение X равно 10; следовательно, значение X равно $10 \div 5 = 2$ ом.

Предположим, что у нас есть $R = 2$ Ом, что является стандартным сопротивлением катушки (№ 79), и мы пытаемся найти сопротивление катушки X. Мы перемещаем конец провода 3 по мостовому проводу, пока не будет найдено правильное место. (Подробнее см. [Пример 125](#), 126.) Возьмите значения А и В ([§ 324](#)), укажите их в приведенном уравнении и вычислите значение X.

328. ПРИМЕР. $R = 2$ Ом; $A = 3,7$; $B = 6,3$; найти значение X в омах.

$A : B :: R : X$, что означает, что $A \times X = B \times R$, или $3,7 \times X = 6,3 \times 2$. X должен быть равен, тогда $(6,3 \times 2) \div 3,7 = 3,405$ Ом.

Примечание. На практике при измерении сопротивлений удобнее всего выполнять соединения, как показано на [рис. 105 \(Пример 126\)](#). Схема, приведенная на [рис. 102](#), приведена просто для пояснения. Будет видно, что чем меньше значение А по сравнению с значением В, тем больше неизвестное сопротивление по сравнению с вашим стандартом.

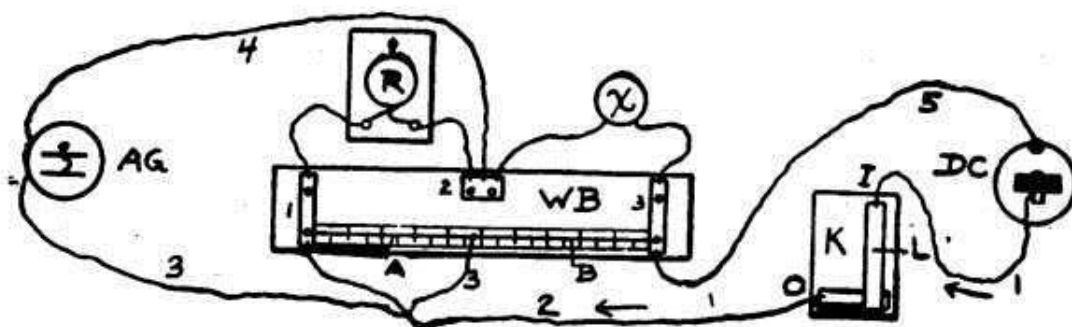


Рис. 105.

ЭКСПЕРИМЕНТ 126. Измерить сопротивление провода с помощью моста Уитстоуна; "мостовой метод".

Аппарат. То же, что в [примере 125](#); катушка сопротивления на два Ом, Rcc (№ 79); моток проволоки X, как, например, 15-витковая катушка на гальваноскопе, Gv (№ 58).

Расположите, как показано на [рис. 105](#). Вы заметите, что центральный провод моста (2, [рис. 104](#)) занимает место Mr в предыдущих пояснениях. У нас все еще есть тот же тип разделенной цепи, как описано в [Примере 125](#), где G соединен с точками с равным потенциалом. Будет удобно расположить Dc справа, а G напротив вас слева, при этом клавиша будет находиться спереди. (См. [Пример 107](#) в отношении корректировки G.)

Обратите внимание, что у вас есть стандартное сопротивление (2 Ом) вместо R, [рис. 102](#), и неизвестное сопротивление (катушка гальваноскопа) вместо X. (См. § 330.)

329. Как проехать. (A) Прикоснитесь свободным концом проволоки, 3, к левой стороне переключки, нажмите клавишу только на мгновение и обратите внимание на направление, выбранное правым концом иглы. Переместите конец провода, 3, к правой стороне переключки-провод, сенсорная клавиша, наблюдающая игла. Стрелка движется больше или меньше, чем раньше? В том же или противоположном направлении? Если отклонения противоположны, точка, имеющая тот же потенциал, что и опорная стойка 2, должна находиться между двумя соприкасающимися точками.

(B) Убедитесь, что все соединения исправны. Найдите точку на координатах G-Sw, в которой нет отклонения, как указано в [примере 125](#) (C). Обратите внимание на показания весов, как описано в § 324.

(C) произведите правильный расчет, § 327, 328, и найдите сопротивление катушки Gv, сопротивлениям проводов, соединяющих Rсигv с мостом, пренебрегая.

(D) Сделайте соответствующие поправки на сопротивления только что упомянутых проводов (см. § 330) и сравните их с результатами, приведенными в части (C).

330. Припуски на соединения. Следует помнить, что провода, соединяющие Rсигv с мостом, также имеют некоторое сопротивление. Такие соединения в обычных приборах выполняются с помощью тяжелых медных накладок или толстых коротких проводов, так что их сопротивлением можно пренебречь. Если вы используете обычную медную проволоку № 24, как указано в

инструкции, сопротивление деталей можно измерить с помощью моста или рассчитать их сопротивление по таблицам проводов. Следует учитывать возможные сопротивления. Очевидно, что ваше стандартное сопротивление составляет 2 Ом *плюс* сопротивление соединительных проводов, и что сопротивление катушки X определяется путем вычета сопротивления ее соединительных проводов из указанного ранее соотношения.

Пример. Из таблицы видно, что сопротивление около 39 футов 1 дюйма медного провода № 24, В и S составляет 1 Ом. Это равно 469 дюймам. Если 469 дюймов имеют R (сопротивление) 1 Ом, то 1 дюйм. будет иметь значение R, равное одной 469-й ом; это 1, деленное на 469, что составляет чуть более 0,002 Ом. Таким образом, для каждого дюйма используемого провода № 24 для соединений мы можем допускать 0,002 Ом. Для наших целей этого будет достаточно.

Предположим, что длина каждого соединения составляет 18 дюймов, используются обычные провода с разъемами. Буква R равна 36 дюймам. присоединенный к Rcc, он будет равен 36 раз $.002 = .072$ Ом. Тогда наш стандартный R следует рассматривать как 2,072 Ом. Если мы заменим это в примере, как указано в § 328, мы получим $3,7 \times X = 6,3 \times 2,072$. X должен равняться $(6,3 \times 2,072) / 3,7 = 3,528$ Ом, что включает неизвестное сопротивление и 36 дюймов соединений, R которых составляет 0,002 Ом; $3,528 - .072 = 3,456$, сопротивление только X. Сравните это с ответом на пример, § 328. Сделайте припуски в соответствии с длиной используемых соединителей.

Примечание.— Тщательно сохраняйте все результаты этих экспериментов в записной книжке для дальнейшего использования. Убедитесь, что соединения хорошие.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 127-137. Для измерения сопротивлений различных проводов, катушек и т.д. "мостовым методом".

Аппарат. Мотки проволоки и т.д., как указано в "Инструкциях" к каждому эксперименту. Подробную информацию о каждом элементе оборудования можно найти, обратившись по приведенным номерам к "Списку оборудования" и к описаниям в упомянутых параграфах. Также вся аппаратура [Exp. 126](#).

Примечание. Делайте соответствующие припуски на соединения (§ 330) во всех экспериментах по измерению сопротивлений.

ЭКСПЕРИМЕНТ 127.

331. Как проехать. (А) Как объяснено в [примере 126](#), измерьте сопротивление 10-витковой катушки высокого напряжения с учетом подключений (§ 330). Внимательно прочитайте шкалу мостов.

(В) Используйте половину стандартной катушки на 2 Ом и повторите.

ЭКСПЕРИМЕНТ 128.

332. Как проехать. (А) Измерьте сопротивление 5-витковой катушки высокого напряжения (см. [Пример 126](#) и т.д.), используя стандартно 2 Ом.

(В) Используйте 1 Ом в качестве стандарта, повторите и сравните результаты.

(С) сложите сопротивления 5-витковой и 10-витковой катушек и сравните полученную сумму с сопротивлением 15-витковой катушки, как указано в [Примере 126](#), D. Разница должна составлять всего несколько сотых Ом.

ЭКСПЕРИМЕНТ 129.

333. Указания. (А) измерьте сопротивление катушки медного провода № 24 (№ 89). Эта катушка используется для последующих экспериментов. Пружинные соединители прикреплены к концам этой катушки, что позволяет напрямую подключать ее к проводнику на мосту, поэтому не следует делать никаких припусков для ее соединительных проводов. (Подробнее см. [Пример 126](#).) Отметьте сопротивление на катушке для дальнейшего использования. (См. Примечание.)

Примечание. Студент, возможно, будет удивлен, обнаружив, что для сопротивления данного провода получаются разные результаты, если он использует разные стандартные сопротивления в различных тестах; то есть он, вероятно, получит результат, отличный в [примере. 127](#) (А) от результата в [примере. 127](#) (В). Разница здесь, однако, может быть невелика. Наилучшие результаты достигаются, если стандартное сопротивление сделать как можно более равным измеряемому сопротивлению, чтобы можно было найти баланс, когда конец провода 3 ([рис. 105](#)) находится вблизи центра переключки-провода. Если R, [рис. 105](#), намного больше или меньше X, то искомая точка на G-Sw будет находиться вблизи одного из ее концов, что приведет к большим ошибкам. Приблизительное сопротивление X можно определить методом проб, затем для R можно использовать большее или меньшее сопротивление в зависимости от ситуации. Студент должен изготовить несколько катушек, как описано в книге по приборам, глава XVII. Сопротивление различных поставляемых катушек должно быть измерено и маркировано. Их можно использовать для изменения значения R.

ЭКСПЕРИМЕНТ 130.

334. Указания. (А) измерьте сопротивление катушки медного провода № 25 (№ 90). (Подробнее см. [Пример 126](#), а также Примечание, [Пример 129](#).)

ЭКСПЕРИМЕНТ 131.

335. Как проехать. (А) Измерьте объединенное сопротивление двух катушек, используемых в разделах 129 и 130, когда они соединены "последовательно"; то есть когда один конец одной катушки соединен с одним концом другой с помощью металлической пластины, а свободные концы соединены с переключкой ([Пример 126](#)). Ток должен проходить по всей длине обеих катушек.

(В) Сравните этот результат с суммой их отдельных сопротивлений, приведенных в Примерах 129 и 130. (См. [Пример 129](#), Примечание.)

ЭКСПЕРИМЕНТ 132.

336. Указания. (А) Измерьте сопротивление двух катушек ([Пример 131](#)), когда они соединены "параллельно". (См. § 293.) Их можно соединить параллельно, подсоединив их оба к переключке одновременно, при этом один конец каждого надевается на 2 ([рис. 103](#)), а другой конец каждого

присоединяется к 3. Таким образом, ток имеет два пути, параллельных, чтобы перейти от 2 к 3. (См. [Пример 129](#), Примечание.)

(В) Сравните это сопротивление с сопротивлением [Exp. 131](#).

ЭКСПЕРИМЕНТ 133.

337. Указания. (А) измерьте сопротивление 1 метра проволоки из немецкого серебра № 28. Используйте проволоку, расположенную на доске, [пример 122](#) (рис. 96 и 98), соединяя мост с помощью крепежных стоек X и Z. (См. [Пример 129](#), Примечание.) Провода, соединяющие мост с концами провода G-s, каждый из которых должен быть длиной около 2 футов. При выполнении вычетов ([§ 330](#)) рассчитывайте в зависимости от используемой длины.

(В) разделите общее сопротивление на 100, чтобы получить сопротивление в 1 см провода, и аккуратно размечите плату на сантиметры. Это даст 100 частей между X и Z.

ЭКСПЕРИМЕНТ 134.

338. Как проехать. (А) Используя провод № 28 G-s на плате, как указано в [примере 122](#), измерьте сопротивление двух последовательно подключенных счетчиков с перемычкой из X и Y, [рис. 98](#).

(В) сравните результат с результатом [примера 133](#). Какова связь между длиной провода и его сопротивлением? Смотрите Краткое изложение законов. (См. [Пример 129](#), Примечание.)

ЭКСПЕРИМЕНТ 135.

339. Указания. (А) измерьте сопротивление вышеуказанных двух метров провода № 28 G-s при параллельном соединении. ([§ 293](#).) Соединительные стойки X и Y могут быть соединены короткой проволокой с соединителями на концах или зажатой поперек тонкой полоской с помощью пружинных соединителей. Используйте катушку 2 Ом в качестве стандартной и делайте соответствующие припуски. ([§ 330](#).)

(В) Исходя из результатов примеров 132 и 135, что можно сказать о сопротивлениях параллельных цепей по сравнению с сопротивлениями отдельных ответвлений?

ЭКСПЕРИМЕНТ 136.

340. Указания. (А) Снова разложите 2 метра проволоки № 30 G-s на столе или доске ([Пример 121](#), [рис. 96](#)).

(В) измерьте сопротивление на один метр. Найдите приблизительно значение X и используйте подходящее сопротивление для R. (См. [Пример 129](#), Примечание.)

(С) разделите результат на 100, чтобы получить сопротивление в 1 см. провода.

(D) Сравните сопротивление одного метра провода № 28 G-s, указанного в [Примере 133](#), с сопротивлением 1 метра провода № 30 G-s. Какова же тогда связь между размером (площадью поперечного сечения) провода и его сопротивлением? (Смотрите результаты [примера 122](#) и [§ 319](#), также Краткое изложение законов.)

ЭКСПЕРИМЕНТ 137.

341. Указания. (А) Измерьте сопротивление 2 метров медного провода № 30, размещенного на плате, как показано на [рис. 96](#). (См. [Пример 129](#), Примечание.) Получаем сопротивление в 1 метр.

(Б) Сравните электропроводность меди и немецкого серебра, изучив результаты примеров 136 и 137. У какого из них большее сопротивление? Чтобы узнать, во сколько раз одно сопротивление больше другого, разделите большее на меньшее.

ЭКСПЕРИМЕНТ 138. Изучить влияние нагрева на сопротивление металлов.

Аппарат. То же, что для [примера 126](#); катушки провода № 24 (№ 89); лампы или другого источника тепла. Расположите, как показано на [рис. 105](#).

342. Указания. (А) Измерьте сопротивление катушки, как и раньше, [пример 129](#). Результат должен почти совпадать с результатом [примера 129](#), при условии, что соединения и т.д. Совпадают.

(В) Снимите катушку с переключки, подержите ее примерно в футе над лампой или плитой, чтобы она хорошенько прогрелась, но не нагревайте настолько, чтобы повредить покрытие. Потребуется около минуты, чтобы разогреть его так, чтобы тепло проникло и внутрь.

(С) замените катушку, измерьте ее сопротивление и сравните результат с ее сопротивлением в холодном состоянии. Увеличивает или уменьшает ли нагрев сопротивление медного провода?

343. Влияние тепла на сопротивление. Хотя разница в сопротивлениях горячей и холодной катушки составляла всего лишь долю ома, было очевидно, что изменения температуры влияют на проводящую способность меди. Это верно для всех металлов, но немецкое серебро и другие сплавы подвержены гораздо меньшему воздействию, чем чистые металлы, поэтому они используются при изготовлении стандартных катушек сопротивления. Сопротивление жидкостей, которые могут разлагаться под действием электрического тока, уменьшается с повышением температуры. Углерод действует подобно жидкостям, в то время как сопротивление металлов *увеличивается* с повышением их температуры.

ЭКСПЕРИМЕНТ 139. Измерить сопротивление провода методом "замещения".

Аппарат. Катушка провода №24 (№ 89), сопротивление которой было измерено, но которое будет считаться неизвестным сопротивлением, X; Gv, 2-Fc, Mr, соединительные провода и т.д., использовавшиеся ранее; реостат ([§ 344](#)). Расположите сначала как на [рис. 106](#), затем как на [рис. 107](#).

344. Простой реостат. Провода № 28 и № 30 G-s, натянутые на плату ([рис. 96](#)), образуют удобную форму реостата. Сопротивление на сантиметр известно из результатов [опытов 133](#) и 136, сопротивление для любого количества сантиметров. легко найти. 10-сантиметровые деления следует разделить на сантиметры. Эти промежутки можно вычеркнуть из правила (№ 88).

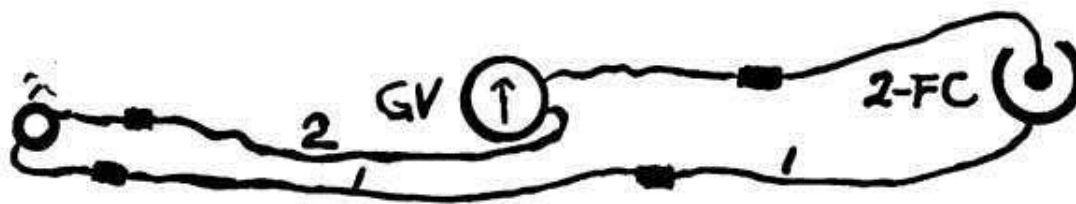


Рис. 106.

345. Как проехать. (А) Убедитесь, что 2-FC обеспечивает постоянный ток, о чем свидетельствует равномерное отклонение при G B, когда оно расположено, как показано на [рис. 106](#). Не используйте ячейку, которая быстро поляризуется. Катушка X является частью цепи; она соединена с проводами 1 и 2 с помощью металлических пластин, так что ее можно быстро снять, не нарушая ни Gv, ни 2f. Внимательно прочитайте отклонение при Gv.

(В) отсоедините X от цепи и присоедините свободный конец провода 2 к соединительной стойке X, а свободный конец провода 1 - к небольшому кусочку листовой меди, который можно плотно прижать к проводу G-s для создания контакта. Перемещайте это по проводу G-s до тех пор, пока полученное отклонение не сравняется с отклонением детали (А), помня, что чем длиннее провод G-s в цепи, тем меньше отклонение. Сделайте две или три попытки, так как разница в длине в один-два сантиметра лишь незначительно влияет на прогиб. Обратите внимание на количество сантиметров используемого провода G-s, сопротивление которого должно равняться сопротивлению катушки, X.

(С) Найдите сопротивление X, умножив только что найденную длину на сопротивление каждого сантиметра., и сравните результат со значением, найденным непосредственно с помощью метода моста.

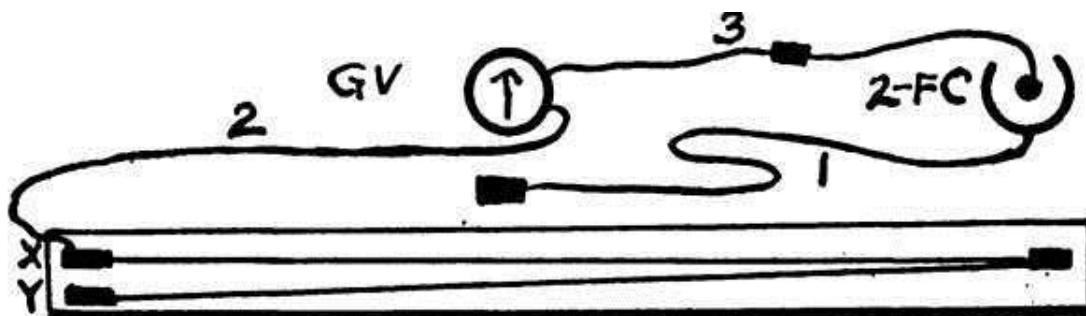


Рис. 107.

ЭКСПЕРИМЕНТ 140. Измерить Э.М.Ф. ячейки путем сравнения с двухжидкостной ячейкой.

Аппарат. Реостат ([§ 344](#)); двухжидкостный элемент 2-постоянного тока ([Пример 113](#)), Э.Д.С. которого можно принять за 1 вольт; сухой элемент постоянного тока; гальваноскоп G V. Сначала расположите, как показано на [рис. 107](#).

346. Указания. (А) Убедитесь, что 2-F C обеспечивает постоянный ток. Возьмите показания G_v без реостата в цепи, то есть с проводами 2 и 1, соединенными напрямую. Отклонение должно составлять не менее 50 или 60 градусов и быть постоянным.

(В) прикрепите небольшой кусочек меди к концу 1 и сильно натрите им провод G-s, таким образом вводя сопротивление в цепь, пока отклонение не составит, скажем, 60° (подойдет 50 или 55 градусов). Обратите внимание на длину используемого провода G-s и назовите его (В).

(С) Постепенно увеличивайте сопротивление, перемещая конец 1 вдоль, пока отклонение не составит 50° , что на 10 градусов меньше, чем раньше. (Если исходное значение составляло 50° , сделайте новое значение 40°). Назовите количество сантиметров используемой проволоки (С).

(D) замените 2-Fc на сухую ячейку Dc. Добавляйте сопротивление, как и раньше, до тех пор, пока G_v не покажет отклонение на 60° , соблюдая осторожность, чтобы не держать цепь замкнутой достаточно долго, чтобы частично поляризовать постоянный ток. Сделайте 2 или 3 попытки, давая постоянному току отдохнуть несколько минут между каждой. Назовите количество использованных сантиметров проволоки G-s (D).

(Е) Снова увеличьте сопротивление, как в (С), пока отклонение не уменьшится до 50° . Назовите используемую длину (Е).

347. Расчет. Известно, что сопротивления, которые способны в равной степени уменьшать силу токов, пропорциональны электродвижущим силам; то есть электродвижущие силы двух элементов относятся друг к другу как два сопротивления, необходимые для получения равных изменений отклонений, что, конечно, указывает на равные изменения силы токов. Поскольку сопротивления, используемые в этих двух случаях, прямо пропорциональны используемым длинам, мы имеем:

Длина (С-В): Длина (Е-D):: Е. М. F. из 2-F C: Е. М. F. из D C.

Подставьте найденные значения и найдите значение Е. М. F. для D C.

ЭКСПЕРИМЕНТ 141. Измерить внутреннее сопротивление ячейки "методом противодействия".

Аппарат. Весь аппарат из [опыта. 126](#). Две простые ячейки ([§ 275](#)), пластины которых должны быть одинакового размера, на одинаковом расстоянии друг от друга и в одинаковой степени погружены в кислоту в обеих. Кислота в обоих продуктах должна быть одинаковой крепости.

348. Указания. (А) Соедините две ячейки противоположно, чтобы они не генерировали ток и чтобы их можно было рассматривать как мертвое сопротивление. Сделайте это, соединив две цинковые пластины проводом с разъемами, и используйте провода для подключения медных пластин к мосту, как и к любому другому неизвестному сопротивлению.

(В) измерьте сопротивление двух элементов обычным мостовым методом с учетом проводов, используемых для соединений. Половина найденного сопротивления даст внутреннее сопротивление одной ячейки. (См. Примечание.)

Примечание.—Стандартное сопротивление должно подбираться с учетом каждого конкретного случая, чтобы расчеты были хотя бы приблизительно правильными. (См. [Пример 129](#), Примечание.) Стандартное сопротивление может быть увеличено путем добавления различных катушек и реостатных проводов, их значения должны быть известны.

349. Краткое изложение законов сопротивления. 1. *Сопротивление провода прямо пропорционально его длине при условии, что его поперечное сечение, материал и т.д. Однородны.*

ПРИМЕР. Если 39,1 фута медного провода № 24 имеют сопротивление 1 Ом, то 78,2 фута будут иметь сопротивление 2 Ом, потому что 78,2 в два раза больше 39,1; 70,38 фута будут иметь сопротивление 1,8 Ом, поскольку $(70,38 \div 39,1 = 1,8)$ это в 1,8 раза больше 39,1.

2. *Сопротивление провода обратно пропорционально площади его поперечного сечения. Площади поперечного сечения круглых проводов зависят от квадратов их диаметров; таким образом, сопротивление провода также обратно пропорционально квадрату его диаметра, при прочих равных условиях.*

ПРИМЕР. Проволока № 30 имеет диаметр около 0,01 дюйма, в то время как диаметр проволоки № 24 составляет около 0,02 дюйма; то есть диаметр проволоки № 24 вдвое больше, то, что есть у № 30. Площадь поперечного сечения № 24, однако, в четыре раза больше, чем у № 30, поэтому его сопротивление всего лишь вчетверо меньше, чем у № 30, при одинаковой длине и т.д. (Смотрите [Таблицы проводов](#).)

3. *Сопротивление провода зависит от его материала, а также от его длины, размера и т.д.*

4. *Сопротивление провода зависит от его температуры.* (Смотрите элементарные электрические примеры.)

ГЛАВА XX. СИЛА ТОКА.

350. Сила тока. Вода в определенном резервуаре может находиться под большим давлением, но если ей приходится проходить по длинным трубам, прежде чем она сможет вращать, например, водяное колесо, очевидно, что выполняемая работа будет зависеть не только от давления в резервуаре, но и от сопротивления, которое необходимо преодолеть, прежде чем вода попадет на колесо. Работа, которую может выполнять вода, зависит от ее *скорости потока* и может использоваться для измерения *силы* течения.

Сила электрического тока измеряется также *работой* которую он может выполнять, и зависит от его *скорости потока* в измеряемой точке. Прочность может быть определена по его магнитному, нагревательному или химическому воздействию.

351. Единица измерения силы тока - Ампер. Ток силой 1 ампер при пропускании через раствор нитрата серебра в надлежащих условиях осаждает 0,001118 грамма серебра за одну секунду; при пропускании через раствор сульфата меди, поскольку для электродов используются медные пластины, в растворе за одну секунду осаждается 0,0003277 грамма меди. (Смотрите Химические эффекты тока.) Тысячная доля ампера называется миллиампером. Сила тока пропорциональна количеству химической работы, которую он может совершать в секунду. (См. § 357.)

352. Измерение силы тока. Гальваноскоп, описанный ранее, просто показывает наличие[143] тока, или один ток больше или меньше другого. Когда градусная карта используется для получения относительных отклонений, прибор может называться *гальванометром*.

Касательный гальванометр выполнен по той же общей идее, что и наш гальваноскоп, при этом диаметр катушки в двадцать и более раз превышает длину иглы. В них силы двух сравниваемых токов пропорциональны касательным полученным углам отклонения. (См. Элементарные электрические примеры.) Существует несколько разновидностей гальванометров, каждый из которых предназначен для своей специальной работы. Их часто калибруют или стандартизируют таким образом, чтобы силу тока, проходящего через них, можно было считывать непосредственно со шкалы.

353. Амперметр на самом деле представляет собой гальванометр, с помощью которого можно непосредственно измерить силу тока. Катушка имеет низкое сопротивление, так что это не приведет к значительному снижению силы тестируемого тока.

Вольтметр измеряет силу тока химическим способом.

354. Единица измерения количества; Кулон. Ток силой в 1 ампер за один час проделает больше химической работы, чем за 1 секунду. Говоря о *количестве* электроэнергии, мы вводим элемент *времени*. Единица измерения количества называется *кулоном*, точно так же, как кубический фут воды может быть принят за единицу измерения количества воды. Кулон - это количество электроэнергии, вырабатываемое за одну секунду током силой в 1 ампер. Кулоны определяются путем умножения ампер на секунды; таким образом, ток в 5 ампер даст 20 кулонов за 4 секунды.

355. Электрическая лошадиная сила; Ватт. [144] электрический ток обладает способностью совершать работу, и мы говорим о лошадиной силе электродвигателя так же, как о паровой машине. Ток силой 1 ампер и электромагнитным полем 1 вольт имеет единицу мощности, называемую ваттом. 746 Вт составляют электрическую лошадиную силу.

Ватты = амперы × вольты.

Вт ÷ 746 = количество лошадиных сил.

(Смотрите Трансформаторы, а также элементарные электрические примеры.)

356. Закон Ома. С помощью Ома было впервые показано, что сила тока равна его Э.Д.С., деленному на сопротивление в цепи; то есть,

Сила тока (амперы) = Е. М. F. (вольт). / сопротивление (Ом).

Если мы допустим, что C обозначает силу в амперах, E - электромагнитное сопротивление в вольтах, а R - сопротивление в омах, то получим короткую формулу, которую легко запомнить,

$$C = E/R$$

357. Ампер будет вырабатываться током в 1 вольт, проходящим через сопротивление в 1 Ом. Зная любые два из трех, C , E или R , можно найти другой. Следует помнить, что сопротивление R является общим сопротивлением в цепи и состоит из общего внутреннего и внешнего сопротивлений.

(Смотрите Элементарные электрические примеры.)

358. Внутреннее сопротивление и сила тока. Очевидно, что внутреннее сопротивление элемента зависит от положения и размера пластин. Теперь мы изучим влияние этих изменений на силу тока.

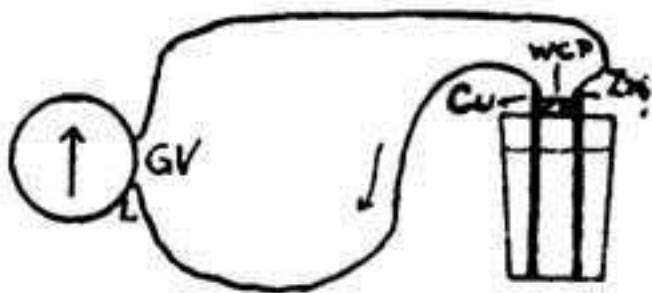


Рис. 108.

ЭКСПЕРИМЕНТ 142. Имея элемент с БОЛЬШИМИ ПЛАСТИНАМИ, определить, как изменение положения пластин влияет на силу тока при малом внешнем сопротивлении.

Устройство. Гальваноскоп, Gv ; материалы для простой ячейки ([Пример 110](#)); соединительные провода. Расположите, как показано на рисунке 108, без деревянной поперечины.

359. Указания. (А) Подсоедините провода к 5-витковой катушке высокого напряжения, сопротивление которой невелико. Наполните стакан почти разбавленной кислотой, чтобы получить эффект больших пластин; то есть ток проходит по большому жидкому проводнику в ячейке, и *внутреннее* сопротивление будет небольшим. $G V$ должно быть правильно размещено N и S .

(В) Поместите медную и цинковую пластины в кислоту как можно дальше друг от друга и прижмите их ко дну стакана. Обратите внимание на показания $G V$. Нет необходимости снимать показания при обратном токе.

(С) Продолжая прижимать их ко дну стакана, чтобы под кислотой оставалось одинаковое количество поверхности, медленно приближайте их друг к другу и следите за иголкой.

(D) Держите тарелки примерно на расстоянии дюйма друг от друга, прижав их ко дну, и обратите внимание на показания G V. Медленно поднимайте тарелки, сохраняя их на одинаковом расстоянии друг от друга, пока из них не выйдет кислота. Следите за движением иглы.

Запишите свои показания в градусах и запишите свои выводы. Влияет ли изменение внутреннего сопротивления на силу тока?

ЭКСПЕРИМЕНТ 143. Имея ячейку с МАЛЕНЬКИМИ ПЛАСТИНАМИ, определить, как изменение положения пластин влияет на силу тока при небольшом внешнем сопротивлении.

Устройство. То же, что и в [Примере 142](#), однако кислота находится на глубине всего 1 дюйм в стакане; то есть получается эффект ячейки с маленькими пластинками, каждая размером примерно 1 на ½ дюйма.

360. Указания. (A) повторите пункты (B) и (C) из [Примера 142](#), записывая показания Gv в каждом случае.

(B) Сравните результаты с результатами [примера 142](#), помня, что *внутреннее* сопротивление больше, чем раньше. Является ли ток таким же сильным для маленьких пластин, как для больших пластин, когда внешнее сопротивление невелико? Когда внешнее сопротивление невелико (например, 5-витковая катушка), должен ли элемент иметь высокое или низкое внутреннее сопротивление, чтобы оказывать наибольшее воздействие на иглу?

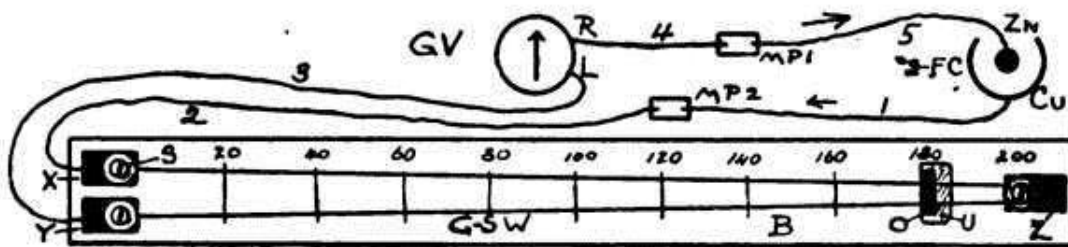


Рис. 109.

ЭКСПЕРИМЕНТ 144. Определить, являются ли изменения силы тока, вызванные изменениями внутреннего сопротивления, столь же значительными при большом внешнем сопротивлении, как и при малом внешнем сопротивлении.

Устройство. То же, что и для [опыта. 142](#), 143, также реостат, содержащий два метра провода G-s ([опыт. 121](#)).

361. Указания. (A) Расположите, как показано на [рис. 109](#), причем внешнее сопротивление составляет 2 метра провода № 30 G-s, подключенного последовательно с G V. 2-F C на рис. заменяется, однако, простой ячейкой, как в [Примере 143](#).

(B) Найдите влияние перемещения пластин на силу тока, когда в стакане находится всего 1 дюйм. кислоты.

(С) Заполните стакан кислотой почти полностью и повторите процедуру (В), снимая показания с пластин, расположенных рядом друг с другом и как можно дальше друг от друга. Выньте их почти из кислоты и снимите показания.

(D) продолжайте увеличивать внешнее сопротивление цепи, добавив мотки провода или метр провода № 28 G-s, и повторите. Сильно ли влияют на силу тока *незначительные* изменения внутреннего сопротивления при большом внешнем сопротивлении?

362. Обсуждение. Мы изучим с помощью цифр, как изменения внутреннего сопротивления влияют на силу тока.

Пусть R обозначает полное внешнее сопротивление цепи,[147] а r - общее внутреннее сопротивление ячейки или ячеек; тогда закон Ома будет выражен через

$$C = E / (R + r)$$

ПРИМЕР. Возьмем схему (А), когда внешнее сопротивление R мало, и (Б) когда R велико по сравнению с r , E в обоих случаях принимается за 1 вольт.

(А) Пусть $R = 1$ и $r = 2$; подставляя эти значения в приведенную выше формулу, мы имеем:

$$C = 1 / (1 + 2) = 1 / 3 = .33+ \text{ ампер.}$$

Теперь пусть внутреннее сопротивление r немного увеличится с 2 до 3 Ом; тогда значение C станет равным $\frac{1}{4}$ ампера, поскольку $R + r = 4$. Таким образом, изменение C представляет собой разницу между $\frac{1}{3}$ и $\frac{1}{4}$; и это, выраженное в десятичных дробях, составляет $0,33 - 0,25 = 0,08$ ампера.

(В) Пусть $R = 200$ Ом и $r = 2$ Ом, как в (А). Подставляя эти значения, мы имеем,

$$C = 1 / (200 + 2) = 1 / 202 = .00495 \text{ ампер.}$$

Увеличивая r с 2 до 3, как и раньше, и т.д., мы находим, что $C = 1$, деленное на $203 = 0,00492$ ампера.

Вышеизложенное ясно показывает (А), что значение C значительно изменяется при изменении r , когда R *мало*, и (Б) что изменения в r приводят к очень небольшим изменениям в C , когда R *велико*. Просмотрите свои результаты по [разделам 142–144](#). (Смотрите элементарные электрические примеры.)

363. Расположение элементов и сила тока. Мы видели, что внутреннее сопротивление влияет на силу тока. Таким образом, при соединении ячеек необходимо уделять внимание внутреннему сопротивлению, а также электромагнитному эффекту комбинации.

364. Ячейки последовательно. Тщательными экспериментами было показано, что E . М. Ф. двух ячеек, объединенных в[148] серии ([рис. 110](#)), равна сумме E . М. Ф. каждой из них. Десять ячеек, соединенных последовательно, имеют в десять раз больший E .М.Ф., чем одна ячейка, при условии, что они имеют одинаковый E .М. Ф. Поскольку Zn одной ячейки соединен с Cu другой, ток вынужден проходить через один раствор за другим; то есть внутреннее сопротивление двух последовательно соединенных ячеек равно сумме их внутренних сопротивлений. Десять ячеек, соединенных последовательно, имеют внутреннее сопротивление, в десять раз превышающее

внутреннее сопротивление одной ячейки, при условии, что они имеют равные внутренние сопротивления.

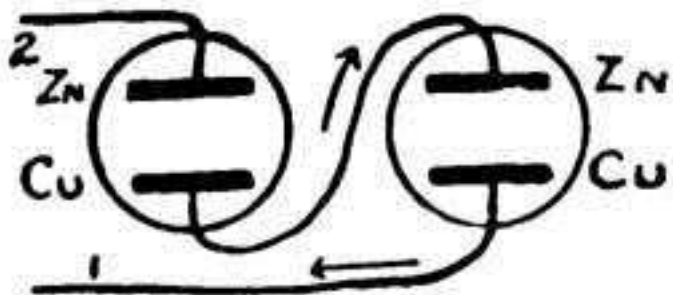


Рис. 110.

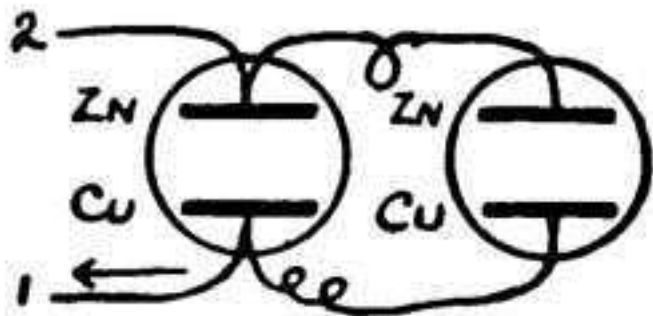


Рис. 111.

365. Ячейки в ряд. Когда положительные пластины соединены вместе и отрицательные пластины также соединены вместе (рис. 111), говорят, что ячейки расположены *в ряд, параллельно* или по *множественной дуге*. Было показано, что две ячейки равной прочности, соединенные рядом, имеют тот же Э.М.Ф., что и одна ячейка. Две соединенные пластины Cu должны иметь одинаковый потенциал; все пластины Zn имеют одинаковый потенциал, поэтому разница потенциалов на выводах комбинации такая же, как и на выводах отдельной ячейки.

В двух ячейках, расположенных рядом (рис. 111), ток проходит по двум жидкостным путям, бок о бок, чтобы перейти от Cu к Zn; это делает внутреннее сопротивление вдвое меньшим, чем у одной ячейки, при условии, что их внутренние сопротивления равны. Десять ячеек с равным внутренним сопротивлением, соединенные в ряд, имеют внутреннее сопротивление в одну десятую меньше, чем одна ячейка.

ЭКСПЕРИМЕНТ 145. Найти наилучший способ соединения двух одинаковых ячеек при небольшом внешнем сопротивлении.

Аппарат. Две простые ячейки с использованием разбавленной серной кислоты, с элементами из меди и цинка, как в [примере 112](#); гальваноскоп, Gv; соединительные провода и т.д. Тщательно перемешайте цинки. Извлеките их из кислоты, как только будут сняты показания.

366. Указания. (А) частично заполните стаканы кислотой. Соедините ячейки последовательно ([рис. 110](#)), затем соедините провод 1 ([рис. 110](#)) с левой перемычкой Gv, а провод 2 - со средней, включив таким образом в цепь 5-витковую катушку. Возьмем чтение Г. В.

(Б) соедините ячейки несколькими дугами ([рис. 111](#)), соединив их, как показано в (А), с G V. Запишите показания и сравните их с показаниями, приведенными в (А).

(С) считайте только с одной ячейкой, присоединенной к G V.

ЭКСПЕРИМЕНТ 146. Найти наилучший способ соединения двух одинаковых ячеек при большом внешнем сопротивлении.

Аппарат. То же, что и для [Exp. 145](#), также реостат, содержащий 2 метра проволоки № 28 или 30 G-s. Расположите провод G-s последовательно с 15-витковой катушкой Gv, как показано на [рис. 109](#), однако вместо 2-Fc, как показано, используются две простые ячейки.

367. Указания. (А) Измерьте напряжение, когда две ячейки соединены последовательно ([Пример 145](#)), причем внешним сопротивлением являются 15-витковая катушка и провод G-s.

(Б) соедините ячейки параллельно и снимите показания, используя то же внешнее сопротивление, что и в (А).

(С) увеличьте внешнее сопротивление, добавив мотки проволоки или 2 метра проволоки № 28 G-s, и повторите (А) и (Б). Что показывает эксперимент?

(D) считайте показания с 1 ячейкой и большим внешним сопротивлением.

368. Наилучшее расположение ячеек. Из экспериментов будет видно, что при заданном количестве элементов самый сильный ток вырабатывается, когда они расположены так, что внутреннее сопротивление батареи почти равно внешнему сопротивлению цепи.

Когда внешнее сопротивление мало, внутреннее[150] сопротивление может быть снижено путем параллельного соединения ячеек; и, хотя Е. М. F. также сохраняется небольшим, значение С будет больше, чем было бы при большем внутреннем сопротивлении и большем Е. М. F.

Когда внешнее сопротивление велико, внутреннее сопротивление можно увеличить, соединив ячейки последовательно. Однако преимущество заключается в большом значении Е. Большое сопротивление не может сдерживать ток большой величины Е. М. F. При последовательном соединении ячеек значение Е становится большим, а значение С становится большим, даже несмотря на повышенное внутреннее сопротивление. (Смотрите элементарные электрические примеры.)

ГЛАВА XXI.

ХИМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА.

369. Химическое воздействие и электричество. Мы узнали, что электрический ток вырабатывается в клетке в результате химического воздействия. Существует определенная связь между химическим воздействием и производимым током. Теперь нам предстоит изучить обратное превращение электрической энергии в химическую.

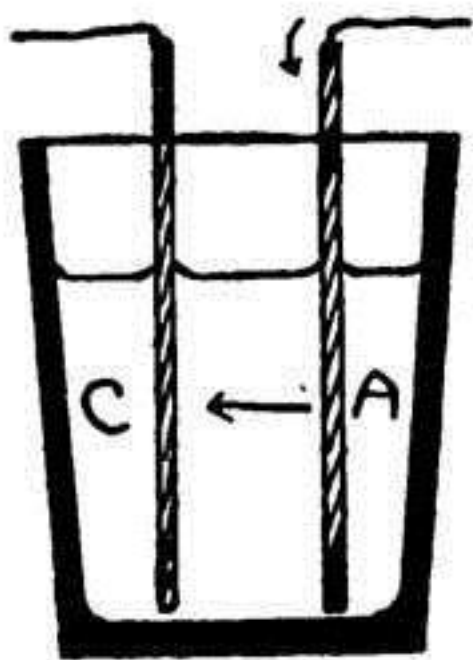


Рис. 112.

370. Электролиз - это название, данное процессу разложения химических соединений путем пропускания через них электрического тока. Разложившееся соединение является *электролитом*. На рис. 112 показан стакан с жидкостью (электролитом), через который должен проходить ток в направлении, указанном стрелкой. Две углеродные пластины, А и С, находятся в жидкости и соединены с источником электричества. Ток поступает в точку А (*анод*) и выходит из точки С (*катод*).

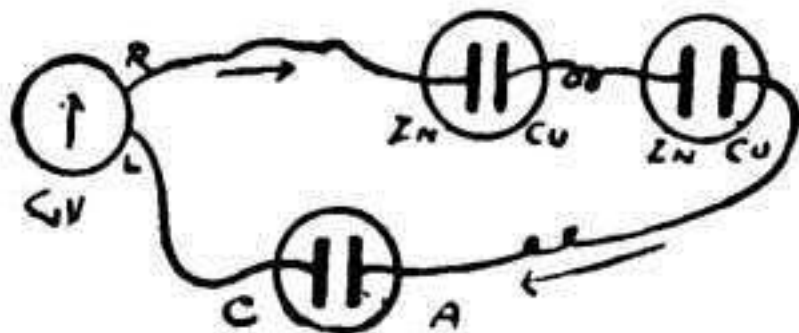


Рис. 113.

ЭКСПЕРИМЕНТ 147. Для изучения электролиза воды.

Аппарат. Две простые ячейки (§ 275) соединены последовательно (§ 364), хотя две ячейки Daniel или две dry будут лучше. стакан с водой, содержащий несколько капель серной кислоты, чтобы вода стала проводником. Electroдами будут служить два куска листовой меди. Гальваноскоп также может быть включен в схему, как показано нарис. 113.

371. Указания. (А) Пропустите ток и обратите внимание (1) выделяется ли газ на обоих электродах, А и С, и (2) на котором количество газа больше. Если вырабатывается очень мало газа, используйте больше ячеек.

(Б) Удалите из жидкости А и С, чтобы удалить газ, затем наблюдайте за действием иглы Gv, пока вода снова разлагается.

372. Состав воды. Двумя газами, выделившимися в Примере 147, были водород (H) и кислород (O). Химическая формула воды - H_2O , что означает, что она состоит из двух частей по объему H и одной части O. С помощью соответствующего оборудования эти газы можно собрать, протестировать и измерить их количество.

373. Электродвижущая сила поляризации. Мы знаем, что H и O обладают сильным химическим притяжением, или сродством, друг к другу. Таким образом, для того, чтобы ток разлагал воду, это притяжение между газами должно быть преодолено; и как только ток прекращается, эти газы пытаются снова собраться вместе, образуя воду. Это создает электродвижущую силу почти в 1,5 вольт; фактически, возникает ток, если H и O снова образовать воду (см. Элементы для хранения). Для разложения воды сила тока должна составлять более 1,5 Вольт, чтобы преодолеть эту силу поляризации. При изучении простых элементов было замечено, что ток быстро ослабевал по мере осаждения водорода на медную пластину из-за этой противоположной электродвижущей силы.

При разложении других соединений анод изготавливается из металла, который должен быть нанесен на катод. Если медь должна осаждаться из раствора сульфата меди, анодом должна быть медная пластина; это сохраняет прочность раствора на том же уровне и позволяет избежать противоположного Э.Д.С. поляризации; то есть работу будет выполнять очень слабый ток (см. Пример 149), поскольку электроды изготовлены из одного металла.

ЭКСПЕРИМЕНТ 148. Покрыть железо медью.

Аппарат. Железный гвоздь, раствор медного купороса (§ 283).

374. Указания. (А) Очистите ноготь наждачной бумагой, затем поддержите его в растворе меди несколько секунд. Машинисты часто покрывают таким образом железные или стальные инструменты тонким слоем меди.

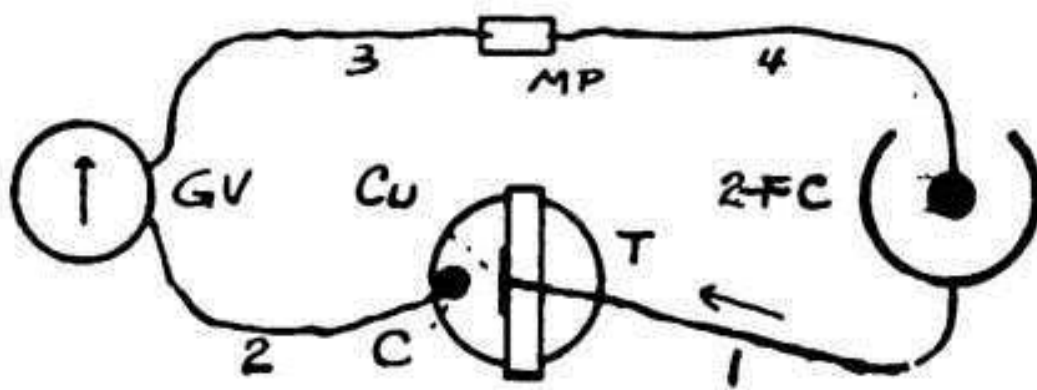


Рис. 114.

ЭКСПЕРИМЕНТ 149. Изучить электролиз раствора сульфата меди.

Аппарат. Гальваноскоп, Gv; двухжидкостная ячейка, 2-Fc; стакан, T, содержащий примерно дюйм раствора сульфата меди (§ 283); деревянная поперечина, к которой прикреплена медная полоска; углеродный стержень, C; проволока 2 прикреплена к C резиновой лентой.

Расположите так, как показано на рис. 114, чтобы Cu был *анодом* (§ 370), пропускающий ток, как показано стрелкой. Для коротких экспериментов вместо 2-Fc можно использовать сухую камеру

375. Указания. (А) После очистки углерода пропускают ток, при этом C и Cu должны находиться на расстоянии примерно $\frac{1}{2}$ дюйма друг от друга. Понаблюдайте за поверхностью C и обратите внимание на красивый цвет наплавленной меди. Сохраните стержень с покрытием для следующего эксперимента. Воздействовали ли на медную пластину?

376. Гальванопокрытие - это название, данное процессу нанесения покрытия на вещества металлом с помощью электрического тока. Сульфат меди, CuSO_4 , разлагается током на Cu и SO_4 . Cu направляется к катоду, а SO_4 воздействует на анод, постепенно растворяя его, если это медь; то есть *металлическая* часть CuSO_4 переносится в направлении тока.

Большинство металлов покрывают медью перед посеребрением или позолотой. Для посеребрения используется раствор серебра, серебро используется в качестве анода.

ЭКСПЕРИМЕНТ 150. Для изучения химии нанесения гальванических покрытий.

Устройство. То же, что и в прошлом эксперименте, но в качестве электродов используйте два углеродных стержня. Расположите, как показано на рис. 114, с заменой меди другим углеродом. Также необходимы две простые ячейки (§ 275).

377. Указания. (А) Дайте току пройти, как раньше. Медь все еще осаждается? Происходит ли что-нибудь сейчас на поверхности анода? Осаждается ли медь так же быстро, как и раньше?

(Б) Попробуйте использовать эффект двух простых ячеек, соединенных последовательно, вместо ячейки с двумя жидкостями.

(С) После нанесения достаточного слоя меди на угольный катод измените направление тока, протекающего через раствор меди, на обратное; то есть используйте стержень с покрытием в качестве анода. Пропускайте ток до тех пор, пока в аноде не произойдут изменения.

378. Обсуждение. Ионы - это названия, данные частям, на которые электролит разлагается электрическим током. В случае CuSO_4 ионами являются Cu и SO_4 , что называется кислотным радикалом. Этот SO_4 не может растворить углерод или платину, поэтому они используются при электролизе воды. Там, где медь используется в качестве анода для меднения, SO_4 воздействует на нее, снова образуя CuSO_4 , и это сохраняет прочность раствора. Если бы вместо этого использовался углерод, SO_4 забирал бы H_2 из воды вокруг анода и образовывался бы H_2SO_4 (серная кислота), при этом кислород из воды высвобождался бы на аноде. Количество меди, растворенной на медном аноде, почти равно количеству, нанесенному на катод. [Пример 150](#) показывает, что металл переносится в направлении тока. Поскольку водород образуется на катоде, он химически считается металлом.

379. Электротипирование заключается в изготовлении копии на металле, гравюры на дереве, машинописной страницы и т.д. Форма или оттиск нужного типа сначала изготавливается из воска или другого подходящего материала (например, из страниц этой книги, настроенных типографией). Эти формы, конечно, противоположны по типу. Они покрыты графитом, чтобы [155] заставить их проводить электричество, и подвешены в качестве катода в ванне с медным купоросом. После нанесения тонкого слоя меди электрическим током воск удаляется, и тонкая медь покрывается мягким металлом. Металлическая поверхность рядом с воском будет точно такой же, как и у воска, только сделана из меди. С этих пластин или *электротипов* можно печатать, при этом исходный шрифт используется для создания другой страницы. (См. раздел "Что мальчик должен знать об электричестве".)

380. Вольтметры - это ячейки, используемые для измерения силы электрического тока. В *вольтметре для воды* измеряются производимые водород и кислород. H действует подобно металлу и поступает на катод, при этом две части H образуются в одной из O .

Вольтметр меди. Эта ячейка измеряет количество меди, осажденной током за заданное время. Медный катод взвешивается до и после прохождения тока. Затем вес осажденного Cu делится на количество секунд, в течение которых проходил ток, а этот результат, в свою очередь, на 0,000328, что даст среднюю силу тока в амперах. (См. [§ 351](#).) Также используются другие формы вольтметров.

Во всех вольтметрах количество осажденного металла пропорционально времени протекания тока и его силе.

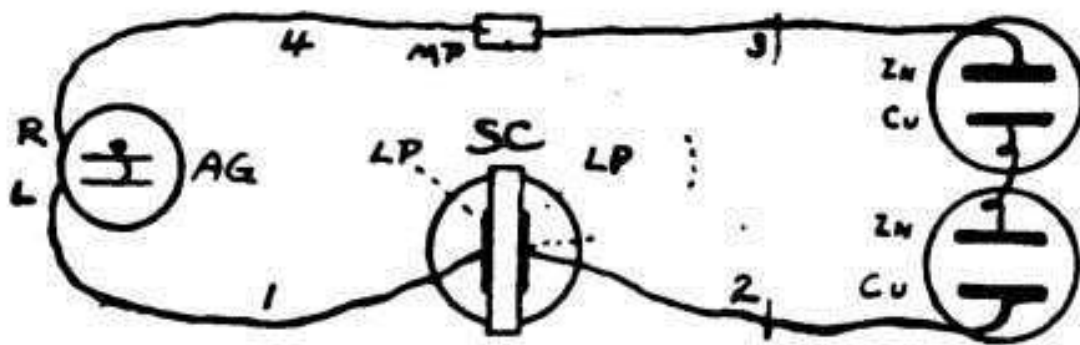


Рис. 115.

ЭКСПЕРИМЕНТ 151. Изучить конструкцию и действие простой "накопительной" ячейки.

Устройство. Две свинцовые пластины Lp (№ 77, 78), прикрепленные к деревянной поперечине (§ 275). Пружинные соединители не должны давить на толстый провод. Закрепите один конец провода под головкой винта. Стакан, на две трети заполненный разбавленной серной кислотой (§ 258); астатический гальваноскоп, А G; провода для соединения; две простые ячейки, соединенные последовательно. *Расположите* так, как показано на рис. 115. Один Lp соединен с крепежным столбом L из G проволокой с пометкой 1; провод 2 соединяет другой Lp с медным Cu. Проволока 3 соединяет цинк с любой тонкой металлической пластиной, которая используется для удобства, чтобы пружинные соединители можно было быстро надевать или снимать. Проволока 4 соединяет М Р с крепежной стойкой R из А G.

381. Указания. (А) четко запомните направление, в котором правый конец астатической стрелки отклоняется при прохождении тока, помня, что она переходит в точку G в точке L и выходит из точки R. Дайте току течь в течение 10 или 15 минут по цепи, в то же время наблюдая за стрелкой, чтобы увидеть, остается ли сила тока постоянной.

(В) Извлеките соединитель из Cu, поверните его в положение пунктирной линии (рис. 115), наденьте соединитель на Мр и следите за иглой. Это отключает ячейки от цепи; но, если вы хотите, также отсоедините провод 3 от М Р. Производит ли аккумуляторная ячейка Sc какой-либо ток? Проходит ли он через точку G в том же направлении, что и тот, который вышел непосредственно из двух ячеек?

(С) Попробуйте использовать сухую ячейку вместо двух простых ячеек. Попробуйте использовать 2 другие ячейки последовательно, если они у вас есть.

382. Вторичные или аккумуляторные элементы должны быть заряжены током, прежде чем они смогут выдавать ток. *Электричество* на самом деле не накапливается. Химические изменения вызываются в накопителе зарядным током, как в вольтметре или гальванической ванне; и тогда накапливается потенциальная химическая энергия. Когда новым соединениям позволяют вернуться к их первоначальному состоянию путем присоединения к электродам заряженного элемента, возникает ток. Другими словами, электрический ток [157] вызывает химические изменения в ячейке путем электролиза, и эти новые соединения обладают Э.М.Ф. поляризации, потому что они постоянно желают вернуться в свое старое состояние. Пластины изготовлены из свинца и обычно покрыты соединениями свинца. На электродах выделяются

водород и кислород. Ток от динамо-машины используется для зарядки вторичных аккумуляторов. (См. раздел "Что мальчик должен знать об электричестве".)

ГЛАВА XXII.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ.

383. Электромагнетизм - это название, данное магнетизму, который вырабатывается электричеством. Вы уже видели, что если поместить магнитную стрелку в магнитное поле *магнита*, то ее N полюс будет указывать в направлении, в котором проходят силовые линии на их пути от N к S полюсу магнита. Вы также видели, что в гальваноскопе и т. Д. Катушка проволоки действует как магнит, когда через нее проходит ток. Разве мы не можем в таком случае использовать иглу для изучения силовых линий вокруг проводов и катушек?

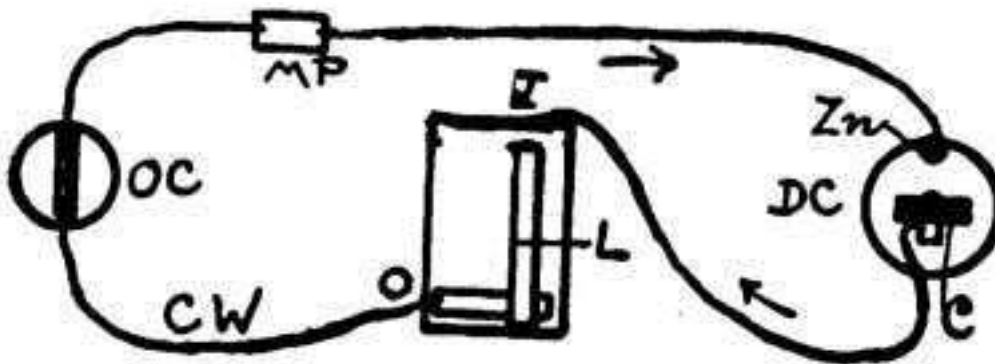


Рис. 116.

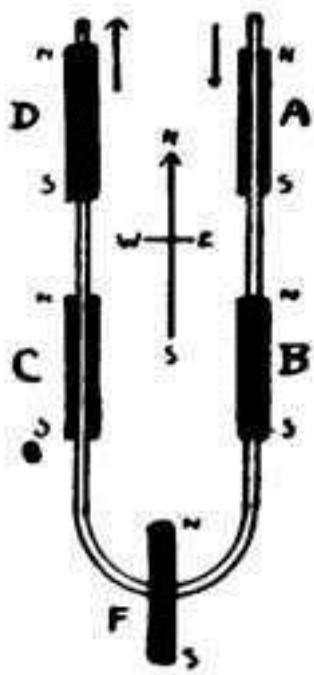


Рис. 117.

ЭКСПЕРИМЕНТ 152. Изучить силовые магнитные линии вокруг прямого провода, по которому течет ток.

Устройство. Компас - О С; клавиша - К; сухая ячейка - D С. Расположите, как показано на [рис. 116](#).

384. Указания. (А) Расположите провод так, чтобы ток проходил по нему от N к S над стрелкой компаса, как только цепь замкнется ([рис. 117, А](#)). Нажмите К только на мгновение и обратите внимание на направление отклонения N-го полюса. Повторите два или три раза, пока не получите четкого представления о направлении, выбранном иглой. Зарисуйте результат в своей записной книжке и сравните с [рис. 118, А](#). Стрелка показывает направление тока.

(В) Дайте току на мгновение пройти от N до S *ипод* иглой, как показано на [рис. 117, В](#). Результат эскиза.

(С) Дайте току на мгновение пройти от S до N *над* иглой ([рис. 117, С](#)). Результат эскиза.

(D) Пропустите его от S до N *под* иглой ([рис. 117, D](#)). Результат эскиза.

(Е) Пропустите его через проволоку с востока на запад ([рис. 117, F](#)) над иглой, затем под ней и отметьте результат. Сравните результаты с теми, которые указаны на [рис. 118](#).

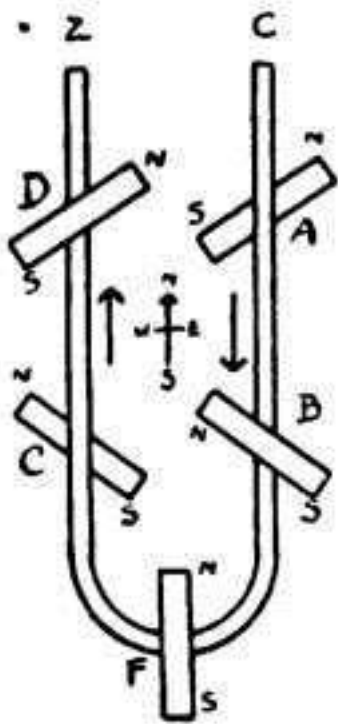


Рис. 118.

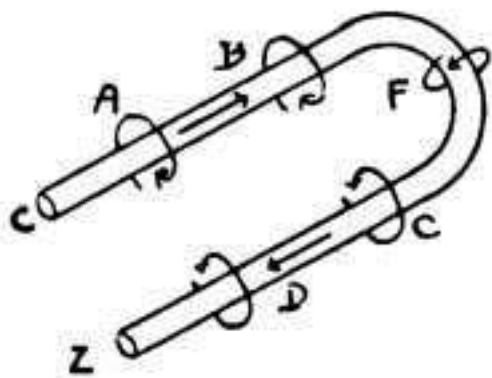


Рис. 119.

385. Силовые линии вокруг провода. Когда по проводу проходит ток, игла над ним или под ним стремится занять положение под прямым углом к проводу. Это показывает, что силовые линии проходят вокруг проволоки, а не в направлении ее длины. Стрелка не поворачивается полностью перпендикулярно проводу, то есть к линиям E и W, потому что земля в то же время притягивает свой северный полюс к N. Если бы стрелка не имела указывающей силы и в то же время сохраняла свое магнитное поле, она указывала бы точно под прямым углом к проводу, как только проходил ток.

Если вы посмотрите вдоль провода, [рис. 119](#), от точки C к позициям A и B, вы увидите (A), что *под* проводом силовые линии проходят влево, а *над* проводом (B) они проходят вправо. Это связано с тем, что северный полюс указывает в указанных направлениях. (См. [Рис. 118.](#)) Глядя вдоль

провода от Z к позициям D и C, вы увидите прямо противоположное описанному выше, поскольку ток идет *навстречу* вам.

Правило.—Когда ток идет от вас, силовые линии проходят вокруг провода по часовой стрелке, а когда ток идет к вам, они проходят вокруг него против часовой стрелки.

386. Правило Ампера можно использовать для запоминания того, что было изучено в [Примере. 152](#).

Если вы представите, что плаваете по проводу с током, всегда обращенным к игле, N-образный полюс иглы всегда будет отклонен в сторону вашей левой руки.

Когда игла окажется над проволокой, вы должны представить, что плывете на спине, чтобы быть лицом к игле.

Еще одно Правило.—Держите правую руку с вытянутым большим пальцем так, чтобы пальцы были направлены в направлении тока, ладонью к игле и на противоположной от иглы стороне провода. Затем N-образный полюс будет отклонен в направлении, на которое указывает большой палец.

387. Если проволоку, по которой проходит сильный ток, окунуть в железные опилки, магнитное поле вокруг проволоки действует индуктивно на частицы опилок, превращая их в магниты. Они цепляются друг за друга просто потому, что являются маленькими магнитами.

388. Силовые линии вокруг параллельных проводов. Когда ток проходит в одном и том же направлении по двум параллельным проводам, силовые линии проходят вокруг проводов в одном и том же направлении в обоих, и магнитные поля притягиваются друг к другу. Когда токи текут в противоположных направлениях, магнитные поля отталкиваются друг от друга.

ЭКСПЕРИМЕНТ 153. Изучить силовые линии вокруг катушки проволоки, подобной той, что изображена на гальваноскопе.

Аппарат. Гальваноскоп, Gv; сухая ячейка; ключ; компас. Расположите, как показано на [рис. 116](#), используя точку Gv вместо показанного компаса. Катушка Gv должна быть размещена в линиях E и W. Ток может проходить только при нажатии клавиши. Соедините провода с помощью Gv так, чтобы ток проходил через 15-витковую катушку от W к E в верхней части катушки; то есть так, чтобы ток двигался "по часовой стрелке". На [рис. 120](#) показан вид катушки спереди.

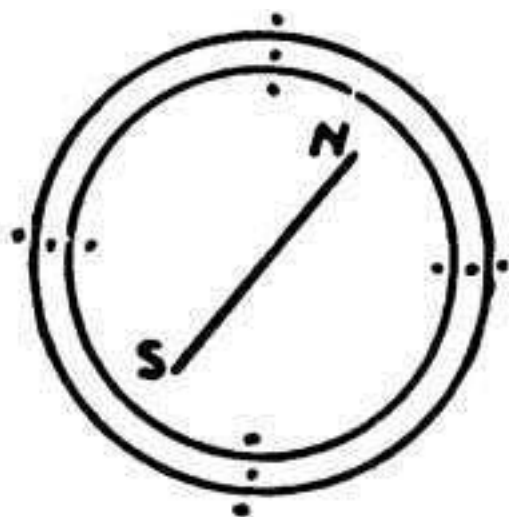


Рис. 120.

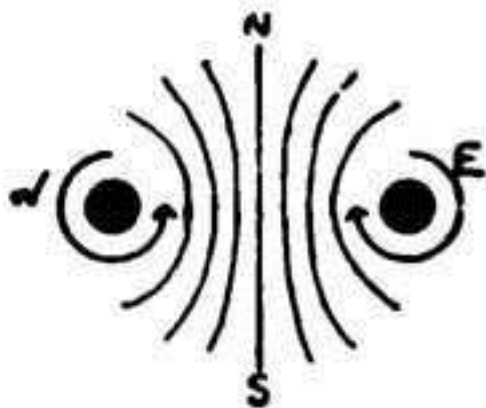


Рис. 121.

389. Как проехать. (А) Держите компас в различных местах, отмеченных точкой (рис. 120), и отметьте направления, выбранные его северным полюсом. Нарисуйте круг, подобный показанному для обозначения катушки, и нарисуйте на нем то, как силовые линии проходят вокруг него в соответствии с вашими наблюдениями.

(В) составьте диаграмму, подобную рис. 121, которая представляет поперечное сечение катушки по центру. Представьте, что вы сняли верхнюю половину катушки и смотрите вниз на концы проволоки нижней половины. Нарисуйте изогнутые стрелки вокруг катушки в точках W и E, чтобы показать, в какую сторону проходят силовые линии. Сравните свои результаты с результатами, приведенными на рис. 119, помня, что в точке E, рис. 121, ток уходит от вас.

(С) перемещайте Ос вперед и назад по центральной линии, которая проходит через катушку N и S, и отметьте положение стрелки компаса. Кажется, у катушки есть полюса?

(D) измените ток через катушку на противоположный и повторите свои наблюдения.

ЭКСПЕРИМЕНТ 154. Изучить магнитное поле вокруг небольшого мотка проволоки.

Аппарат. Моток проволоки (№ 89), описанный в § 390; преобразователь тока, Cr (№ 57); сухая ячейка; соединительные провода и т.д.

390. Катушки проволоки для некоторых из следующих экспериментов следует наматывать на деревянные катушки с загнутым тонким концом, чтобы проволока находилась как можно ближе к центральному отверстию, насколько это возможно. Их следует наматывать с помощью моталки. (См. Книгу "Устройство", глава X.)

Для удобства мы будем называть начальный конец катушки, то есть конец, который идет от провода, который находится ближе к центру, *внутренним концом*, т.е. Конец последнего слоя катушки мы будем называть *внешним концом*, О Е. Эти буквы следует отметить на диаграммах. Смотрите Список оборудования для получения подробной информации о специальных катушках, использованных в этих экспериментах.

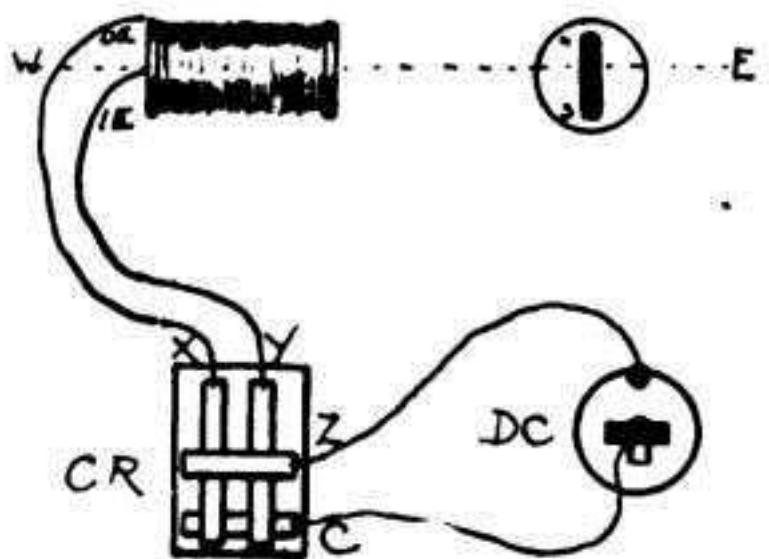


Рис. 122.

391. Указания. (А) Расположите, как показано на рис. 122, так, чтобы ось катушки лежала на линиях Е и W. Расположите Ос примерно в 2 дюймах от Е-конца катушки. Нажмите на один рычаг Cr так, чтобы ток на мгновение прошел по катушке по часовой стрелке; то есть так, чтобы он вошел в катушку в точке О Е. Обратите внимание на движение иглы. Если игла не повреждена, переместите ее ближе к катушке и снова нажмите на рычаг. Четко запомните соединения, направление, в котором отклоняется N-образный конец иглы, и т.д. Является ли Е-конец катушки N-или S-полюсом?

(В) поверните ток через катушку вспять. Как это влияет на полярность конца Е катушки?

(С) Поместите Ос на западный конец катушки и повторите (А) и (В).

(D) расположите Ос в различных положениях вокруг катушки и обратите внимание на движение иглы при прохождении тока. Действует ли эта катушка как магнит, имеющий полюса, магнитное поле и т.д.?

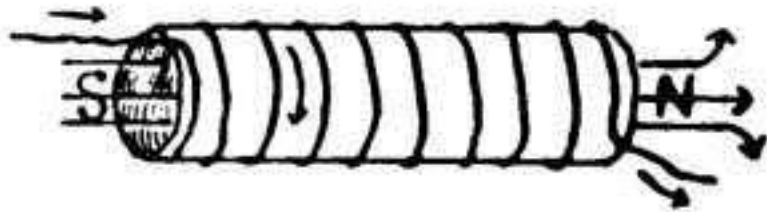


Рис. 123.

392. Полярность катушек. Из примеров 153 и 154 видно, что свернутый в спираль проводник имеет полюса, магнитное поле и т.д., когда проходит ток, и что он сильно напоминает магнит, хотя в его конструкции нет железа. Мы можем сказать, что катушка намагничивается электрическим током. На рис. 123 показана правосторонняя катушка или спираль из проволоки, ток через которую проходит, как показано маленькими стрелками. [163] Левый конец является S-образным полюсом, потому что ток проходит вокруг него по часовой стрелке. Когда вы обращаетесь лицом к правому концу катушки, видно, что ток проходит вокруг нее против часовой стрелки; это приводит к образованию N полюса. Поскольку N-й полюс магнитной стрелки притягивается к S-му полюсу катушки, ясно, что силовые линии проходят через внутреннюю часть катушки, как показано большими стрелками. Затем они изгибаются в воздухе и возвращаются к северному полюсу, как в случае с магнитами.

ЭКСПЕРИМЕНТ 155. Для проверки притягивающей и "всасывающей" силы намагниченной катушки или спирали.

Аппарат. Катушка, батарейка и т.д., используемые в примере 154, рис. 122; швейная игла.



Рис. 124.

393. Указания. (А) Расположите катушку и т.д., как описано в Примере 154. Однако катушка не обязательно должна находиться в линиях E и W, и вместо реверсора тока можно использовать ключ.

(В) намагнитите иглу так, чтобы ее острое было N-полюсным.

(С) Обвяжите нитью центр намагниченной иглы, держите нитку в руке так, чтобы S-образный полюс иглы свободно вращался в отверстии на правом конце катушки (рис. 124). Если ток проходит по назначению, правый конец катушки будет иметь полюс N. Что происходит с иглой при кратковременном нажатии клавиши.

(D) Переместите иглу на левый конец катушки и повторите.

(E) Попробуйте использовать гвоздь, ручку, утюг и т.д. Вместо иглы.

ЭКСПЕРИМЕНТ 156. Выяснить, может ли кусок стали быть постоянно намагничен электрическим током.

Прибор. То же, что и для прошлого эксперимента; швейная игла без намагничивания; компас.

394. Указания. (А) Убедитесь, что стрелка не намагничена. Она должна притягивать оба конца стрелки компаса. Как можно устранить любой магнетизм в игле?

(Б) Поместите иглу внутрь катушки так, чтобы ее *острие* было направлено на восток; то есть так, чтобы ее острие находилось на N полюсе катушки, а головка - на S полюсе. На мгновение замкните цепь. Еще раз проверьте иглу на наличие полюсов. Точка является N-или S-полюсом?

(С) Поверните иглу в катушке концом за конец и посмотрите, можно ли поменять ее полярность.

(D) поэкспериментируйте с железной проволокой, гвоздями, стальными ручками, пружинящей сталью и т.д.



Рис. 125.

ЭКСПЕРИМЕНТ 157. Изучить действие куска железа, помещенного внутри намагниченной катушки с проволокой.

Устройство. То же, что и в [Примере 154](#); короткий стержень или железный *сердечник*, Ic, из мягкого железа (№ 92), который поместится внутри катушки. Эта комбинация называется электромагнитом.

395. Указания. (А) Сначала расположите, как для [примера 154](#), [рис. 122](#), катушку в линиях E и W, сердечник не используется, и поместите Oc примерно в 6 дюймах от правого конца катушки.

(Б) На мгновение нажмите на рычаг, чтобы проверить, достаточно ли сильное поле катушки, чтобы переместить стрелку компаса на это расстояние. Перемещайте Oc немного ближе или дальше от катушки до тех пор, пока игла не будет *просто* двигаться, когда цепь замкнута.

(С) Поместите Ic внутрь катушки ([рис. 125](#)) и повторите (Б), чтобы увидеть, стало ли магнитное поле катушки сильнее или слабее, чем раньше.

(D) Изучите расположение полюсов. Можно ли их поменять местами?

ГЛАВА XXIII. ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ.

396. Электромагниты важны для изучающих электричество. Они составляют основную часть почти каждого электрического инструмента. Вы видели, что провод окружается магнитным полем в тот момент, когда по нему проходит ток. Катушка, или спираль провода, имеет более сильное поле, чем прямой провод, по которому течет тот же ток, потому что каждый виток, или скручивание, добавляет свое поле к полям других витков. Благодаря наличию *сердечника* из мягкого железа вместо воздуха, дерева или другого немагнитного материала прочность магнита значительно увеличивается. Центральный сердечник может быть постоянно закреплен в катушке или может быть съемным. (О самодельных электромагнитах см. в книге по приборам, глава IX.)

397. Сердечники электромагнитов. У сильного магнита больше силовых линий, проходящих от его северного полюса через воздух к его южному полюсу, чем у слабого магнита. Увеличивая количество силовых линий, мы увеличиваем силу магнита. В экспериментах с постоянными магнитами было замечено, что силовые линии не проходят так легко через воздух, как через мягкое железо, и что силовые линии будут стараться из всех сил, чтобы пройти через железо. Из [Примера 154](#) было известно, что внутри спирали ([рис. 123](#)) силовые линии проходят от S к N полюсу; затем они распространяются по воздуху и возвращаются со всех сторон катушки к ее S полюсу, как в случае с постоянными магнитами. Воздух вокруг и внутри спирали оказывает большое сопротивление силовым линиям и имеет тенденцию ослаблять[166] магнитное поле. Когда часть цепи состоит из железного сердечника, который является великолепным проводником силовых линий, сила магнитного поля значительно возрастает.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 158-163. Для изучения прямых электромагнитов.

Устройство. Хороший сухой аккумулятор или другой источник достаточно сильного тока; катушка с сердечником из мягкого железа; ключ; провода с разъемами и т.д.; маленькие гвозди; железные опилки; компас; большой проволоочный гвоздь; жестяная коробка (№ 94) в качестве основания для электромагнитов.

ЭКСПЕРИМЕНТ 158. Подъемная сила.

398. Указания. (А) Соедините элемент, ключ и катушку, как описано в [Примере 154](#), так, чтобы ток проходил только при нажатии клавиши. Поместите сердечник внутрь катушки ([рис. 125](#)). Можно использовать два хороших элемента, расположенных последовательно.

(Б) Держите катушку в вертикальном положении рядом с мелкими гвоздями, железными опилками, жестяными коробками и т.д.; затем нажмите на ключ и поднимите катушку; перенесите цепляющийся утюг в другое место, разомкните цепь ключом и объясните результат. Почему гвозди сильнее прилипают к сердцевине, чем опилки, после разрыва цепи?

ЭКСПЕРИМЕНТ 159. Остаточный магнетизм сердечника.

399. Указания. (А) После прохождения тока через катушку с установленным сердечником извлеките сердечник и проверьте его на магнетизм с помощью компаса. Будет ли маленький конец сердечника притягивать оба полюса стрелки компаса, или он слегка намагничен?

(В) При наличии остаточного магнетизма ударьте по сердечнику молотком и проверьте еще раз.

(С) Используйте гвоздь из мягкой стальной проволоки для сердечника и повторите (А) и (В). Почему сердечник из мягкого железа лучше, чем из стали для электромагнитов? Какой из них должен быть более легко намагничиваемым?

ЭКСПЕРИМЕНТ 160. Магнитный тик.

400. Как проехать. (А) Соедините электромагнит с ячейкой и ключом, как и раньше (Пример 154). Крепко прижмите один конец сердцевины к крышке жестяной коробки, которая должна стоять на столе и служить декой. Для этого подойдут плоские коробки, использованные в экспериментах по статическому электричеству, или используйте жестяную коробку № 94 в качестве основы. Быстро разомкните и замкните цепь с помощью ключа и прислушайтесь к любым щелчкам, производимым сердечником.

(Б) прислушайтесь к этому звуку в телеграфных эхолотах, электрических звонках и т.д., если они у вас есть. Разумеется, арматуру следует держать так, чтобы были слышны легкие звуки.

401. Обсуждение. Брусек железа становится немного длиннее, когда он намагничен, так как частицы железа направлены в одном направлении. Как только ток перестает проходить через катушку, почти все частицы мягкого сердечника возвращаются в свое смешанное положение. Предполагается, что слышимый щелчок связан с изменениями в молекулах железа. Сердечник постепенно нагревается, когда он быстро намагничивается и размагничивается сильным током.

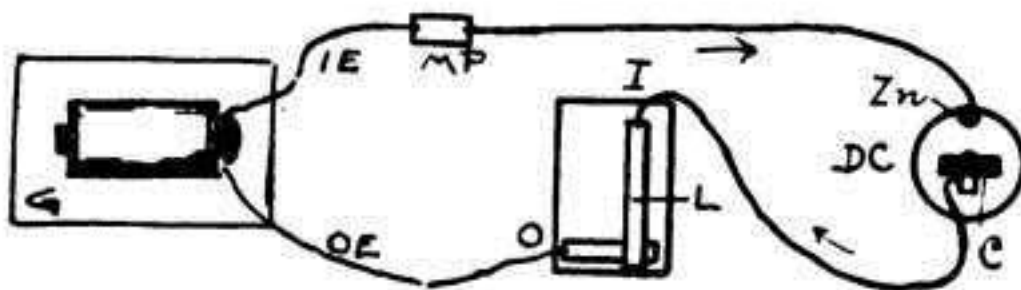


Рис. 126.

ЭКСПЕРИМЕНТ 161. Магнитные фигуры.

402. Указания. (А) расположите, как показано на рис. 126. Ключ следует использовать в том случае, если источником тока является сухой элемент. С пользой можно использовать два исправных элемента, соединенных последовательно. Разложите рулон плашмя на столе и положите на него лист жесткой гладкой бумаги или лист стекла.

(В) Посыпьте стекло несколькими железными опилками, которые могут удерживаться на месте книгами. Осторожно постучите карандашом по стеклу, замыкая цепь на ключе. Располагаются ли опилки сами по себе, как в случае с постоянными магнитами? Сделайте набросок поля, помня, что у вас есть как N, так и S полюса, и сравните его с предыдущими результатами.

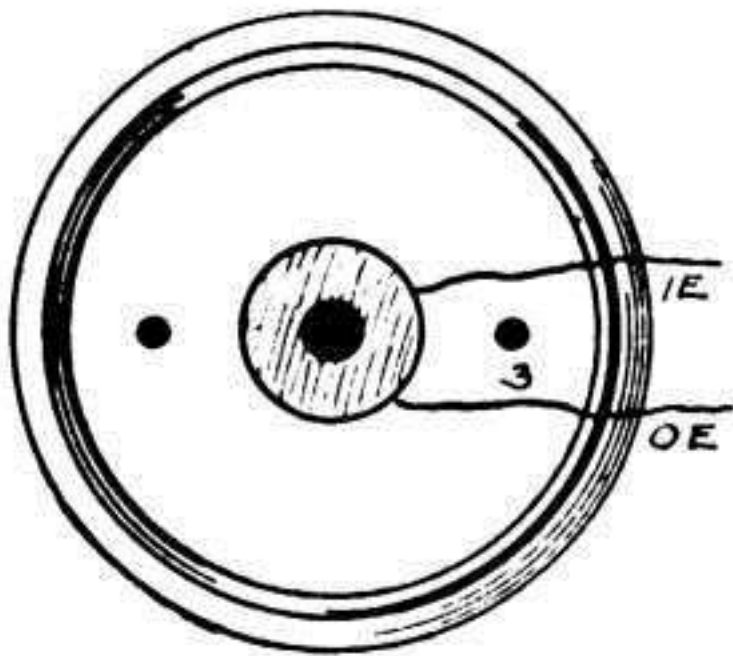


Рис. 127.

ЭКСПЕРИМЕНТ 162. Магнитные фигуры.

403. Указания. (А) Расположите, как показано на [рис. 126](#), но поставьте катушку торцом, используя основание, как указано в § 407, чтобы надежно удерживать ее в нужном положении. Соедините концы О Е и I Е с ключом, как и раньше. На [рис. 127](#) показан вид катушки и основания сверху.

(Б) Используя книги и т.д., прикрепите кусок жесткой, гладкой бумаги или стекла прямо над сердцевинкой и продолжайте, как в [Примере 161](#), изучать поле. См. § 417 о создании постоянных изображений магнитных полей.

ЭКСПЕРИМЕНТ 163. Магнитное поле.

404. Указания. (А) Используйте то же устройство, что и для [примера 162](#), за исключением опилок и стекла, которые заменены компасом.

(В) Держите компас примерно в 2 дюймах от верхнего полюса электромагнита, замкните цепь на секунду или две и обратите внимание на движение стрелки. Является ли верхним значение N или S, когда ток поступает в катушку при О Е? Сравните результат с § 392.

(С) Быстро перемещайте компас вокруг полюса, цепь замкнута, и обратите внимание на движение стрелки. Сравните результат с направлением частиц железных опилок в [примере 163](#).

(D) измените направление тока через катушку на противоположное и проверьте природу полюса наверху.

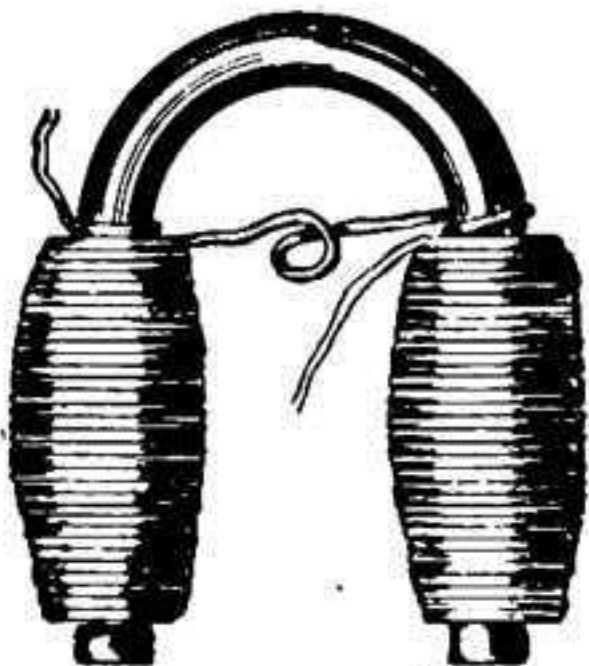


Рис. 128.

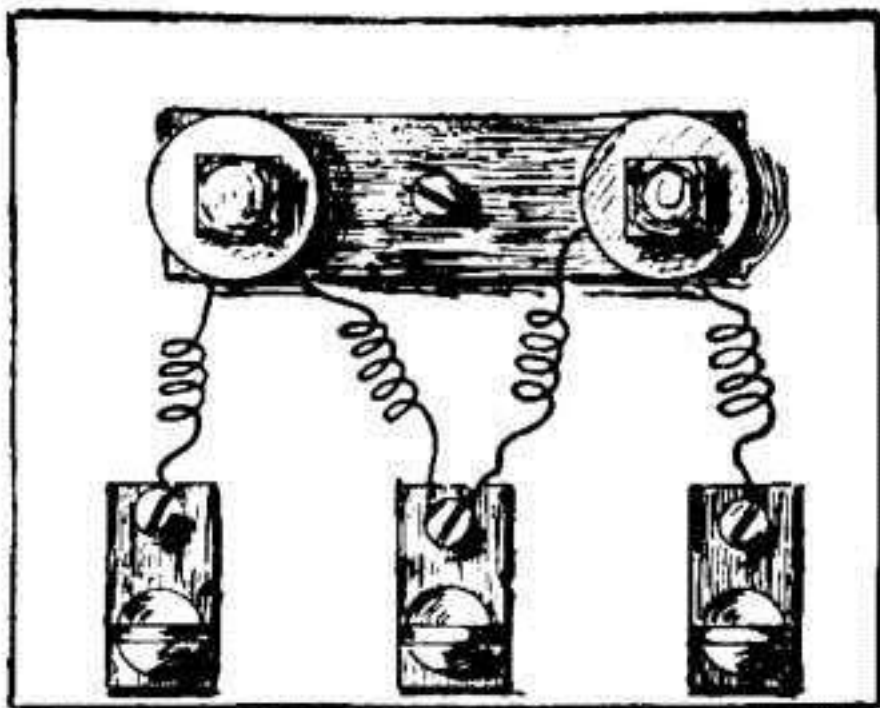


Рис. 129.

405. Подковообразные электромагниты. На рис. 128 показана простая форма электромагнита с двумя катушками, сердечником которых является изогнутый кусок железа для обеих. В таком виде катушки должны быть намотаны вручную. Поскольку это сопряжено с трудностями, катушки обычно наматываются на два отдельных сердечника, которые

соединяются *хомутом* (§ 406), который заменяет изогнутую часть на [рис. 128](#). Отдельные катушки можно быстро изготовить с помощью "моталки" и соединить по своему усмотрению. (О самодельных электромагнитах см. в книге "Устройство", глава IX.) На [рис. 129](#) показан вид сверху [169] самодельного экспериментального подковообразного электромагнита. Катушки соединены железной планкой, называемой *хомутом*, которая прикручивается к деревянному основанию. Полоска железа, помещенная над магнитами, чтобы они притягивались к ней при прохождении тока, называется *якорем*. (См. Телеграфные эхолоты.)

406. Использование хомута. Было объяснено (§ 82), почему подковообразные магниты, в целом, лучше прямых. То же самое верно и для электромагнитов: есть два полюса для притяжения и два для индуцирования. Силовые линии проходят через ярмо на своем пути от одного сердечника к другому, и это уменьшает сопротивление им. Сила подковообразного магнита была бы значительно уменьшена, если бы силовые линии были вынуждены проходить через два воздушных пространства вместо одного; фактически, если бы не было ярма, мы имели бы просто два прямых магнита. Коромысло должно быть сделано из мягкого железа.

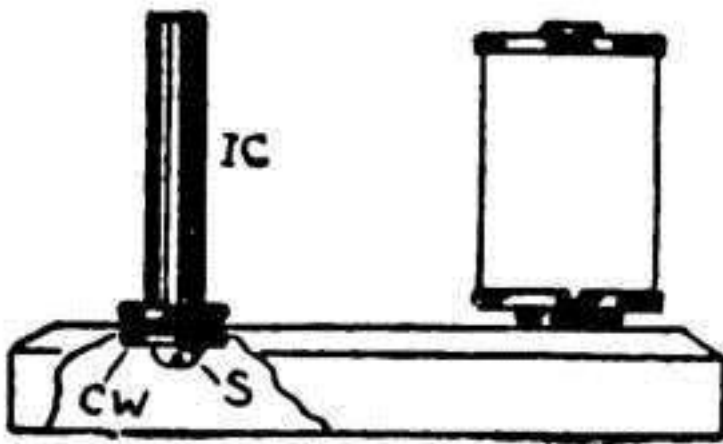


Рис. 130.

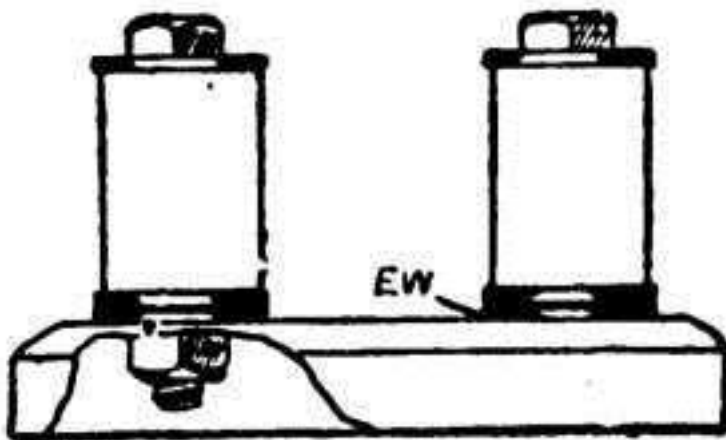


Рис. 131.

407. Экспериментальные магниты быстро соединяются с жестяной основой (№ 94), в которой пробиты 3 отверстия, через которые можно вставить винты для удержания сердечников на месте. На рис. 127 показан план tin. На рис. 130 показано, как съемные сердечники крепятся к основанию, при этом катушки находятся на катушках, а на рис. 131 показано, как можно использовать самодельные катушки на болтах. Катушки на болтах следует наматывать в соответствии с указаниями в книге по приборам, глава X. Жестяная основа также служит хомутом.

Съемные стержни. Рис. 130. Они сделаны из мягкого железа (№ 92, 93). На одном конце каждого есть отверстие для шурупов, S. Часть жести была срезана на рис. Следует использовать медную шайбу Sw,. (См. § 408.) Соединители крепятся к концам катушек (§ 226–230).

Сердечники болтов. Рис. 131. После намотки катушек, как указано в Руководстве по устройству, снимите гайку и наденьте дополнительную шайбу, например, так, чтобы концы катушек не прижимались к жестяной банке, а выходили наружу между двумя шайбами. Протолкните конец болта через отверстия (примерно на расстоянии 2 дюймов друг от друга), пробитые в жестяной банке, затем наденьте гайку, как показано на рисунке. Не затягивайте гайку слишком сильно — ровно настолько, чтобы удерживать стержни на месте. Концы проводов не показаны на рис. 130, 131. К ним крепятся соединители (§ 408).

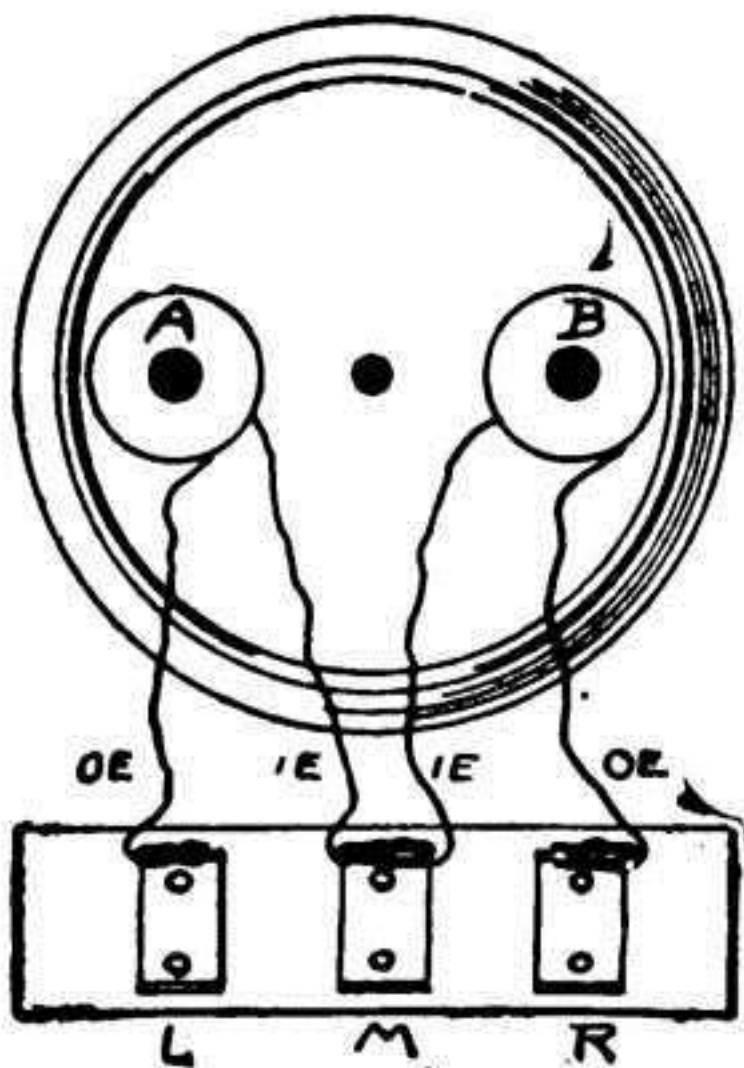


Рис. 132.

408. Способ соединения катушек. Для достижения наилучших результатов полюса подковообразного электромагнита должны быть разными. Поскольку катушки намотаны одинаково, их концы должны быть соединены таким образом, чтобы ток проходил вокруг них в противоположных направлениях; то есть, если ток поступает в одну катушку с внешнего конца, Ое, он должен поступать в другую катушку с внутреннего конца, т.е. На рис. 132 показан план соединений, при этом к концам катушек прикреплены пружинные соединители, позволяющие быстро и легко вносить изменения в конструкцию. L, M и R - это куски металла, прикрепленные к полоске дерева (№ 95), используемые для соединения ячеек или другого устройства. Они загнуты вверх с каждого конца, как показано на рис. 104, 3. Следует соблюдать осторожность, чтобы не допустить короткого замыкания, позволяя двум проводам касаться жестяной основы.

Меняя концы катушек на L, M и R (левую, среднюю и правую) и изменяя направление, в котором ток поступает на "комбинированные соединительные пластины" (№ 95), очевидно, что характер полюсов можно регулировать соответствующим образом.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 164-173. Для изучения подковообразных электромагнитов.

Устройство. Мотки проволоки с сердечниками и хомутом, подобные описанным в этой главе. Очень удобны катушки, прикрепленные к жестяной основе или хомуту проводами, идущими от них к комбинированным соединительным пластинам (№ 95, рис. 132). Ячейки; железные опилки; компас; железная полоса (№ 76).

ЭКСПЕРИМЕНТ 164. Для проверки полюсов.

409. Как проехать. (А) Расположите, как показано на рис. 126, но используйте экспериментальные магниты и комбинированные соединения (рис. 132) вместо одиночной катушки, показанной на рис. 126. Соедините О ключа с L, а Zn ячейки с R на рис. 132. При нажатии клавиши ток будет поступать на магниты из точки L и выходить из точки R.

(В) С помощью компаса проверьте полярность жил, как в примере 163, В, С. Сделайте набросок расположения и отметьте, какой полюс N, а какой S.

(С) Посмотрите, каким образом ток должен проходить по каждой катушке, по способу ее намотки, и сравните результаты (В) с Примером. 154, рис. 123.

ЭКСПЕРИМЕНТ 165. Чтобы проверить полюса.

410. Указания. (А) Расположите, как в примере 164, но измените направление тока через катушки на обратное. Сделайте это, соединив О ключа (рис. 126) с R на рис. 132, а Zn ячейки с L.

(В) Повторите пункты (В) и (С) из Примера. 164 и результатов исследования.



Рис. 133.

ЭКСПЕРИМЕНТ 166. Для проверки полюсов.

411. Как проехать. (А) Расположите все соединения, как в примере 164, затем поменяйте местами Ое и Iе катушки А; то есть присоедините Ое к М, а Iе к L, рис. 132. Это приведет к сближению разных концов в точке М; другими словами, когда ток поступает в точку L и выходит из точки R, он будет проходить вокруг обеих катушек в одном направлении.

(Б) изучите природу полюсов, как в Примерах 164, 165, и запишите результаты.

Примечание.—На рис. 133 показаны просто два сердечника подковообразного электромагнита со стрелками, указывающими, в каком направлении проходит ток в каждой катушке для образования N и S полюсов.

ЭКСПЕРИМЕНТ 167. Изучить индуктивное действие одного сердечника на другой.

412. Указания. (А) Расположите как для [примера 164](#), но присоедините провод от Zn ячейки к М ([рис. 132](#)). Таким образом, катушка В будет отключена от цепи. Поместите катушки в линии Е и W.

(В) Определите, насколько сильно остаточный магнетизм сердечника В может воздействовать на стрелку компаса, удерживая компас сбоку от катушки А, при этом ток не проходит.

(С) Нажмите клавишу на мгновение и отметьте, был ли усилен или ослаблен магнетизм катушки В. Объясните действие ядра А на ядро В.

ЭКСПЕРИМЕНТ 168. Магнитные фигуры.

413. Указания. (А) оформите, как в [Примере 164](#). Используя книги и т. Д., закрепите кусок гладкой, жесткой бумаги или лист стекла прямо над полюсами электромагнитов.

(В) Посыпьте стекло железными опилками и осторожно постучите по нему, пока цепь замкнута на ключ в течение нескольких секунд. Сделайте набросок полученной магнитной фигуры. Силовые линии, идущие от противоположных полюсов, притягиваются или отталкиваются друг от друга? См. [§ 417](#), как сделать постоянные фигуры. (Рисунки магнитных фигурок смотрите в разделе "Что мальчик должен знать об электричестве".)

Примечание.—Если возможно, используйте две или три хорошие ячейки последовательно для изготовления магнитных фигурок, так как лучше всего использовать достаточно сильное поле.

ЭКСПЕРИМЕНТ 169. Магнитные фигурки.

414. Указания. (А) расположите устройство так, как указано в [Примере. 165](#), и сделайте магнитную фигуру для этой комбинации, как указано в [примере. 168](#). Сделайте набросок и изучите результаты.

ЭКСПЕРИМЕНТ 170. Магнитные фигурки.

415. Указания. (А) Расположите устройство и соединения, как в [примере. 166](#), и сделайте магнитную фигуру этой комбинации, как указано в [Примере. 168](#). В этом случае полюса одинаковы. Нарисуйте и изучите результаты.

ЭКСПЕРИМЕНТ 171. Магнитные фигуры.

416. Указания. (А) Расположите устройства и соединения, как в [Примере. 167](#), и нанесите магнитную схему комбинации, как указано в [Примере. 168](#). Сравните полученный рисунок с рисунком из [примера 168](#). В этом случае ток проходит только через одну катушку.

417. Постоянные магнитные фигуры могут быть изготовлены несколькими способами для дальнейшего изучения и сравнения.

(А) *Фигурки из парафиновой бумаги.* Изготовьте парафиновую бумагу, как указано в Руководстве по приборам, стр. 135. Для этой цели лучше всего подойдет гладкая, жесткая, белая бумага, на которой будут хорошо видны опилки, и при этом следует нанести тонкий слой парафина. Положите магниты на стол, накройте их листом непарафинированной бумаги и закрепите парафинированную бумагу непосредственно поверх нее. Это необходимо, так как бумага с покрытием прилипает при нагревании. Для электромагнитов необходимо будет поддерживать

края бумаги книгами и т.д. Посыпьте опилки и постучите по бумаге, чтобы они сами собой расположились, пока цепь замкнута. После того, как силовые линии станут отчетливо видны, ток не нужно использовать повторно, при условии, что бумага остается абсолютно неподвижной. Проведите пламенем горелки Бунзена по бумаге, чтобы расплавить покрытие. Это, без сомнения, склеит два листка бумаги и надолго зафиксирует частицы опилок на месте. Не нагревайте бумагу слишком сильно — ровно настолько, чтобы расплавился парафин. Если у вас нет газа, поддержите над бумагой совок с горячими углями. Как только парафин остынет, фигурки выдержат длительную обработку.

Рисунки с синей печатью получаются очень красивыми и сохраняются бесконечно. Купите бумагу с синей печатью у фотографа, который расскажет вам, как "проявить" ее водой. Держите прибор в темноте и вынимайте для экспериментов только по одному листу за раз. Чтобы делать фигуры, поставьте прибор поближе к окну, куда проникает яркий солнечный свет. Опустите занавеску, чтобы при создании магнитной фигуры у вас был лишь тусклый свет, как указывалось ранее. После того как силовые линии станут отчетливо видны, поднимите занавеску и дайте яркому солнечному свету освещать ее в течение 5-6 минут или до тех пор, пока поверхность бумаги не приобретет насыщенный бронзовый цвет. Свет, находящийся под частицами опилок, не может воздействовать на бумагу. Быстро стряхните опилки с бумаги и промойте ее в 3-х сменах воды, чтобы она "проявилась", затем закрепите бумагу булавками для просушки.

ЭКСПЕРИМЕНТ 172. Подъемная сила.

418. Указания. (А) расположите устройство, как в [Примере 164](#). Держите железную полосу (№ 76), отвертку или другой железный стержень непосредственно над полюсами экспериментального электромагнита и рядом с ними. Замкните цепь ключом, затем поднимите магниты за "якорь", как можно назвать железную полосу, при этом цепь держите замкнутой в течение нескольких секунд. Если ваша ячейка исправна, не должно возникнуть проблем с поднятием магнитов за якорь. Разомкните цепь и посмотрите, не упадут ли магниты.

(В) Держите магниты перевернутыми прямо над гвоздями, жестяными коробками, железными опилками или другими кусками железа. Замкните цепь, переместите притягиваемый утюг в другое место на столе и разомкните цепь. Можно ли использовать этот принцип в практических целях?

Примечание.—Некоторые эксперименты, иллюстрирующие практическое использование электромагнитов, будут приведены в следующей главе.

ЭКСПЕРИМЕНТ 173. Остаточный магнетизм при замкнутой магнитной цепи.

419. Указания. (А) оформить, как в [Примере 164](#). Вы уже видели, что каждый сердечник сохраняет некоторый магнетизм после замыкания цепи. Плотнo прижмите железную полосу поперек полюсов, на мгновение замкните цепь, затем разомкните цепь, затем посмотрите, все еще ли прочно якорь прилегает к сердечникам. Для этого эксперимента арматура должна хорошо прилегать к сердечникам.

(В) Снова прижмите якорь к сердечникам, ток не используется; затем поднимите его, как показано в (А). Сравните притяжение с тем, которое показано в (А).

420. Замкнутые магнитные цепи. При изучении постоянного подковообразного магнита было замечено, что якорь сильно прилегает к магниту. Якорь замкнул магнитную цепь, силовые линии практически не оказывают сопротивления. В случае электромагнитов магнитная цепь замыкается, когда якорь касается обоих полюсов одновременно. Якорь сильно цепляется за полюса даже после прекращения подачи тока. Однако, как только магнитная цепь разорвана, остаточного магнетизма остается немного. Якоря электромагнитов обычно расположены так, что они не могут полностью касаться сердечников, чтобы избежать этого залипания.

ГЛАВА XXIV. ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

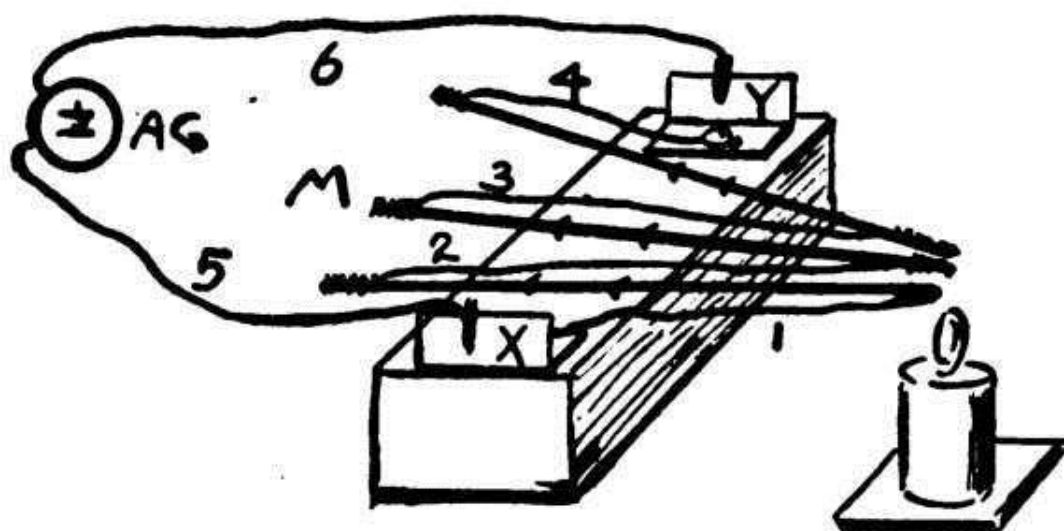


Рис. 134.

ЭКСПЕРИМЕНТ 174. Выяснить, можно ли производить электричество с помощью тепла.

Аппарат. Самодельный термоэлемент, описанный в §421; астатический гальваноскоп; соединительные провода; свеча или спиртовая лампа.

421. Термоэлемент домашнего изготовления. (Рис. 134.) Для этого вам понадобятся 3 шпильки для волос, медная проволока, кусок дерева длиной около 3 дюймов и толщиной 1 дюйм. выровняйте концы, возьмите 2 куса жести и несколько маленьких гвоздей.

Расправьте шпильки и соскребите покрытие наждачной бумагой или напильником. Соскребите изоляцию с 4 отрезков медной проволоки, каждый длиной около 8 дюймов. Скрутите концы медной проволоки вокруг концов шпилек для волос (рис. 134), а затем прикрепите шпильки к колодке. Они могут прочно удерживаться маленькими гвоздями, которые следует частично вбить в блок и загнуть. Шпильки для волос в правой части рис. показаны расположенными рядом, но не соприкасающимися друг с другом. Это позволяет нагревать все одновременно.

Жестяные опорные стойки могут быть прибиты гвоздями или привинчены к блоку, и если оголенные медные провода 1 и 4 поместить под X и Y до того, как они будут привинчены, они будут электрически соединены. Концы 1 и 4 можно закреплять под головками винтов. Блок можно опирать на другие блоки, чтобы поднять его на нужную высоту, которая будет зависеть от длины свечи.

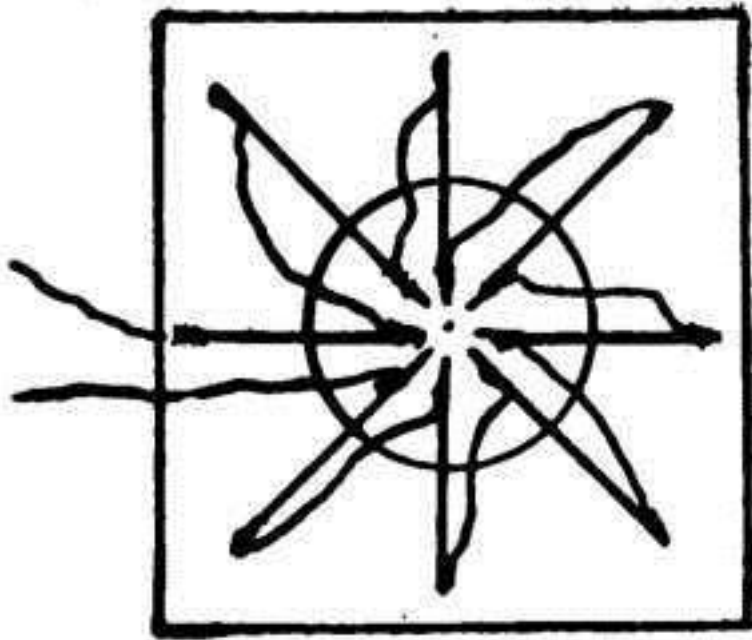


Рис. 135.

Термоэлемент в виде круга с несколькими парами металлов можно легко изготовить, прикрепив шпильки к листу картона (рис. 135) с отверстием в центре. Это может поддерживаться блоками, при этом тепло подается под центр.

422. Как проехать. (А) Расположите устройство, как показано на рис. 134. Убедитесь, что аstaticкая стрелка правильно отрегулирована и рядом с ней нет магнитов.

(В) нагрейте стыки, как показано, и следите за стрелкой. Может ли ток вырабатываться за счет нагрева?

(С) отсоедините разъем на проводе 6 от Y до M, таким образом отключив одну пару от цепи. Снова нагрейте соединения и сравните силу тока с силой, полученной в (В).

(D) Посмотрите, большой ли ток вырабатывается одной парой. Исходя из полученных результатов, видите ли вы какую-либо связь между силой тока и количеством пар?

423. Термоэлектричество возникает при нагревании соединения двух металлов. Разные пары металлов дают разные результаты. Часто используются сурьма и висмут. Если конец полоски висмута припаять к концу аналогичной полоски сурьмы, а свободные концы подключить к гальванометру с низким сопротивлением, наличие тока будет показано, когда точка контакта станет более горячей, чем остальная часть цепи. Ток будет протекать от висмута к сурьме через

соединение. При охлаждении соединения ниже температуры остальной части цепи будет вырабатываться ток в противоположном направлении.

Термоэлектрические токи имеют низкий потенциал. Энергия тока поддерживается за счет поглощаемого тепла.

424. Эффект Пельтье. Действие, указанное в § 423, может быть обращено вспять; то есть, если ток от батареи пропустить через металлы, детали в месте соединения станут немного теплее или холоднее, чем раньше, в зависимости от направления тока. Это известно как *эффект Пельтье*, когда нагрев происходит не из-за сопротивления току.

425. Термопилы. Поскольку Э.М.Ф. тока, производимого одной парой металлов, невелика, несколько пар обычно соединяются последовательно таким образом, чтобы различные токи помогали друг другу и текли в одном направлении. Такие комбинации, обычно изготовленные из сурьмы и висмута, называются термоэлектрическими батареями, или просто термопилами. Они полезны при обнаружении очень небольших различий в температуре. Жар спички или холод кусочка льда будут генерировать ток даже на некотором расстоянии, поскольку термоэлемент соединен с чувствительным аstaticеским гальванометром с короткой катушкой. (См. "Что мальчик должен знать об электричестве".)

ГЛАВА XXV. НАВЕДЕННЫЕ ТОКИ.

426. Электромагнитная индукция. Вы видели с помощью экспериментов, что магнит обладает способностью превращать другой кусок железа или стали в магнит. Вы также видели при изучении статического электричества, что наэлектризованное тело обладает способностью воздействовать через пространство на другой проводник. Тело может быть поляризовано и заряжено статическим электричеством путем индукции.

Теперь возникает несколько вопросов. Может ли *ток* электричества в проводнике индуцировать *ток* в другом проводнике, никоим образом не связанном с первым? Может ли электрический ток оказывать воздействие в пространстве? Существует ли электромагнитная индукция?

Было замечено, что токопроводящий провод обладает магнитным полем и что магнитные поля могут действовать в пространстве. Таким образом, очевидно, что проводник будет окружен и перерезан силовыми линиями, когда он будет помещен в магнитное поле или рядом с проводом или катушкой, по которым проходит ток. Давайте изучим это с помощью экспериментов.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 175-182. Для изучения наведенных токов.

Аппарат. Два мотка проволоки (№ 89, 90); два коротких сердечника из мягкого железа (№ 92, 93); длинный железный сердечник (№ 96); стержневой магнит (№ 97); аstaticеский гальваноскоп (№ 59); сухая ячейка (№ 51); ключ (№ 55); подковообразный магнит;

соединительные провода с пружинными соединителями (№ 54) на концах (§ 226–230); моток проволоки (№ 98), намотанный на железный сердечник; компас.

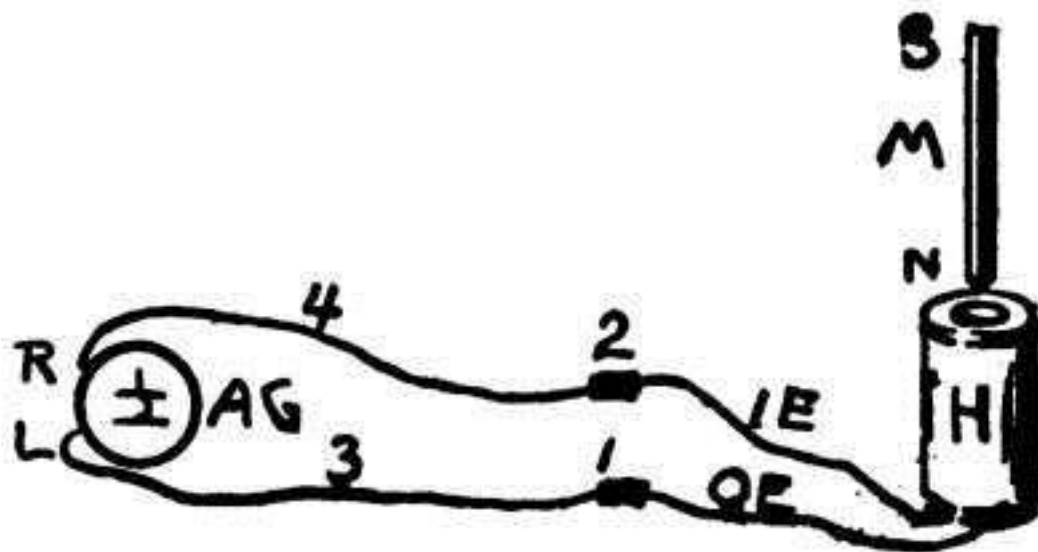


Рис. 136.

ЭКСПЕРИМЕНТ 175. Чтобы выяснить, можно ли генерировать ток с помощью стержневого магнита и полой катушки провода.

427. Указания. (А) расположите, как показано на рис. 136. Катушка (№ 90) тонкой проволоки соединяется с буквой G (№ 59), как показано на рисунке. Небольшие кусочки олова или меди, 1 и 2, используются для соединения концов катушки с проводами 3 и 4, которые присоединены к гальваноскопу. Лучше всего использовать провода 3 и 4 так, чтобы катушка находилась на расстоянии не менее 2 футов от точки G; в противном случае магнит М может воздействовать на иглу точки G.

(В) четко запомните, в каком направлении отклоняется правый конец иглы, когда ток попадает в точку G на L, левом соединительном стержне. Если вы забыли результаты предыдущих экспериментов, воспользуйтесь ячейкой на мгновение, прикоснувшись к проволоке, соединяющей углерод с L, а цинк - с R. Если позже от катушки будут исходить какие-либо токи, вы сможете определить, в каком направлении они текут, поскольку катушка и точка G образуют замкнутую цепь.

(С) Держите магнит, М, как показано, и быстро вдавливайте его в катушку, пока он не займет место сердечника, одновременно наблюдая за стрелкой. Если вырабатывается ток, в каком направлении он вытекает из катушки? Стрелка остается отклоненной? Ток постоянный или временный?

(D) После того, как магнит М будет помещен в катушку, как показано в (С), и игла остановится, быстро извлеките М из катушки, наблюдая за иглой. Если вырабатывается ток, проходит ли он от катушки в том же направлении, что и раньше, в (С)?

(Е) переверните М конец за концом, повторите (С) и (D) и изучите результаты. Созданы ли силовые линии для того, чтобы перерезать витки катушки?

(F) повторите пункты (C) и (D), двигаясь медленно.

428. Обсуждение. Индуцированный ток, создаваемый, как в приведенном выше эксперименте, является кратковременным. Ток не проходит, когда магнит и катушка неподвижны; по крайней мере, один из них должен находиться в движении. Когда магнит вставлен, индуцированный ток называется *обратным*, поскольку он проходит в направлении, противоположном тому, которое было бы необходимо для придания магниту его полюсов, это считается [180] сердечником, намагниченным током. При извлечении магнита из катушки возникает *постоянный* ток. Быстрые движения вызывают более сильные токи, чем медленные. (См. § 439.)

429. индуцированные токи и работа. Для перемещения магнита через центр катушки требуется усилие, и именно эта работа является источником индуцированного тока. Когда катушку надевают на магнит или когда ее перемещают через магнитное поле, также требуется усилие. В этом простом эксперименте мы получили ключ к действию динамо-машины и других важных электрических машин. Они будут обсуждены позже.

ЭКСПЕРИМЕНТ 176. Определить, можно ли генерировать ток с помощью стержневого магнита и катушки проволоки с железным сердечником.

430. Как проехать. (A) Расположите так, как показано на [примере 175](#), [рис. 136](#), и, кроме того, поместите железный сердечник (№ 92) внутрь катушки (№ 90).

(B) Держите стержневой магнит (№ 97), как показано на [рис. 136](#), и быстро опускайте его, пока он не коснется сердечника, одновременно наблюдая за иглой. Результаты исследования, направление тока и т.д., как и раньше.

(C) Внезапно извлеките M из сердечника. Вырабатывается ли ток в том же направлении, что и в (B)?

(D) поверните M из конца в конец и повторите (B) и (C).

(E) повторите пункты (C) и (D), медленно перемещая магнит.

Как сила тока соотносится с силой тока [Exp. 175](#)? Созданы ли силовые линии для того, чтобы перерезать витки катушки?

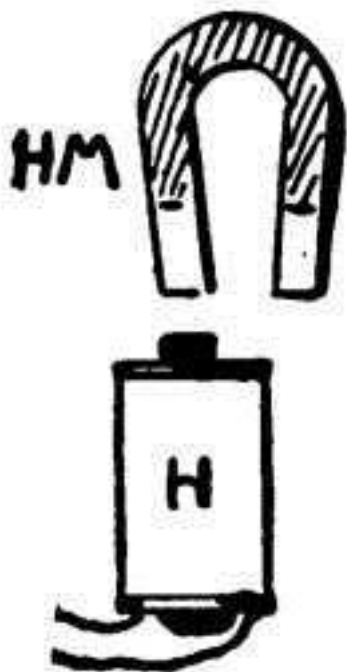


Рис. 137.

ЭКСПЕРИМЕНТ 177. Определить, можно ли генерировать ток с помощью подковообразного магнита и катушки проволоки с железным сердечником.

431. Как проехать. (А) Расположите устройство, как в [примере 176](#), но используйте подковообразный магнит Нм вместо стержневого магнита. На [рис. 137](#) показана катушка (№ 90) с одним полюсом Нм, удерживаемым над сердечником.

(Б) изучите эффект быстрого опускания и поднятия сначала одного полюса, а затем другого над сердечником, как в случае с стержневым магнитом. Четко представляйте себе направление, в котором течет индуцированный ток в каждом конкретном случае.

432. Индуцированные токи и силовые линии. В только что приведенных экспериментах следует помнить, что постоянные магниты посылают тысячи силовых линий от своих N полюсов и снова принимают их на своих S полюсах. Когда магнит вдавливаются в катушку ([Пример 175](#)), силовые линии не только пересекают витки катушки, но и количество силовых линий, которые пересекают катушку в любой момент, быстро меняется при перемещении магнита.

При таком расположении необходимо движение, чтобы изменить количество силовых линий резания. Ток проходит только во время движения магнита; и направление тока в любой момент зависит от того, увеличивается или уменьшается количество силовых линий в этот момент. (См. [§ 438](#), [439](#).)

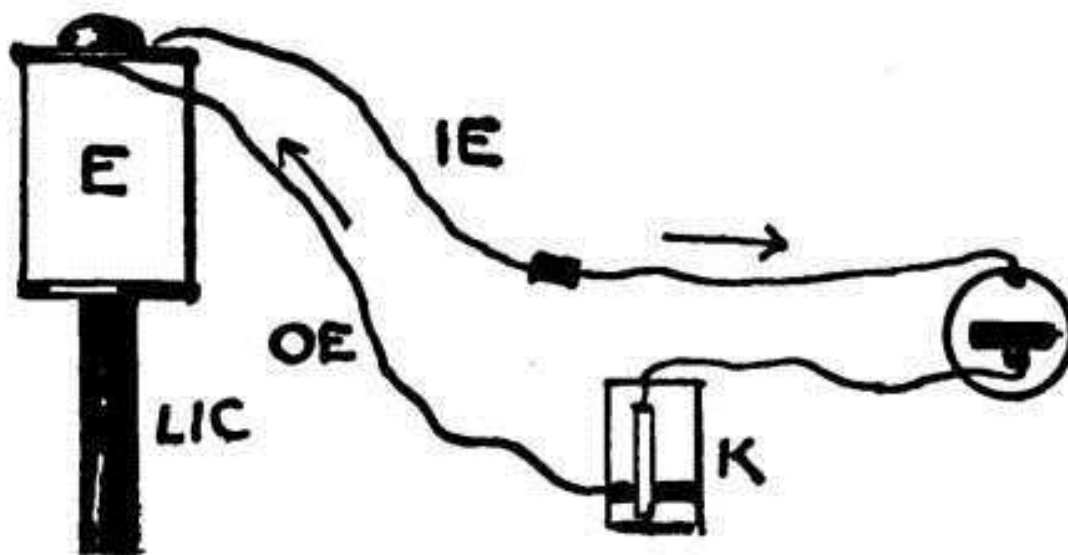


Рис. 138.

ЭКСПЕРИМЕНТ 178. Выяснить, можно ли генерировать ток с помощью электромагнита и полой катушки провода.

433. Указания. (А) Полую катушку (№ 90) следует присоединить к астатическому гальваноскопу, как показано на [рис. 136](#). Вместо стержневого магнита на [рис. 136](#) следует использовать электромагнит, который следует соединить последовательно с ячейкой и ключом, как показано на [рис. 138](#). Ток из ячейки будет проходить только при нажатии клавиши К.

(В) Отметьте на обмотке, в какую сторону должен проходить ток по катушке, когда цепь замкнута при К, и определите, должен ли нижний конец длинного железного сердечника, L I C (№ 96), быть N или S. С помощью компаса проверьте полюса сердечника, чтобы убедиться, что вы правы.

(С) Быстро опустите конец Lic в полую катушку (Н, [рис. 136](#)), сохраняя цепь замкнутой достаточно долго, чтобы позволить игле снова частично остановиться. Извлеките иглу, прежде чем разомкнуть цепь. Объясните действие иглы.

(D) Измените направление тока через электромагнит на обратное, изменив соединения, и повторите (С). Проходит ли какой-либо индуцированный ток через A G, когда сердечник неподвижно удерживается в катушке Н, даже если ток проходит через катушку Е?

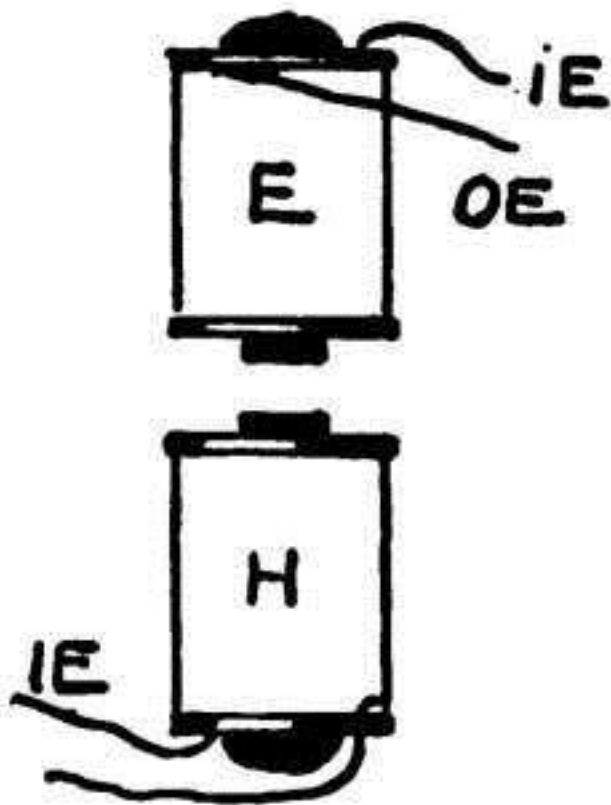


Рис. 139.

ЭКСПЕРИМЕНТ 179. Выяснить, можно ли генерировать ток с помощью электромагнита и катушки проволоки с железным сердечником.

434. Как проехать. (А) На рис. 139 просто показано расположение катушек. Катушка Н (№ 90) с сердечником присоединена к гальваноскопу, как показано на рис. 136. Катушка Е с коротким сердечником должна быть присоединена к ключу и ячейке, как показано на рис. 138.

(В) помня о полярности нижнего конца сердечника Е, быстро опустите его на сердечник Н, сохраняя цепь замкнутой в течение нескольких секунд. Остается ли игла отклоненной после прекращения движения?

(С) Быстро поднимите клавишу Е, поскольку цепь все еще замкнута, затем разомкните цепь. Сравните направления индуцированных токов в (В) и (С).

435. Обсуждение примеров. 178, 179. Это движение по прямым линиям не подходит для создания токов, достаточно сильных для коммерческих целей. Чтобы создавать токи значительной силы, мотки проволоки необходимо проталкивать мимо магнитов с большой скоростью. Сконструированы специальные машины (см. Динамо-машины), в которых катушки намотаны таким образом, что им можно придать быстрое *вращательное движение*, когда они пролетают мимо сильных электромагнитов. Таким образом, катушка может продолжать пропускать одни и те же магниты в одном и том же направлении до тех пор, пока к валу, который их несет, прикладывается усилие.

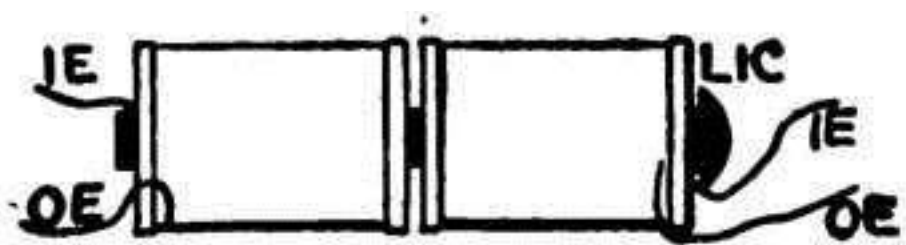


Рис. 140.

ЭКСПЕРИМЕНТ 180. Для изучения эффекта запуска или прекращения тока вблизи катушки провода или другой замкнутой цепи.

436. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 140](#). Поместите две катушки, Н и Е, на один и тот же сердечник, L I C. Соедините Е с ключом и ячейкой, как и раньше ([рис. 138](#)). Соедините Н с аstaticеским гальваноскопом, А G, как показано на [рис. 136](#). Держите катушки на расстоянии 2-3 футов от буквы G, чтобы они не касались иглы.

(В) замкните цепь ключом, наблюдая за стрелкой, затем, как только стрелка вернется в прежнее положение, снова разомкните цепь. Сравните направление индуцированного тока в Н с направлением тока в Е, (1) когда основная цепь замкнута, и (2) когда она разомкнута. Индуцируется ли какой-либо ток в Н постоянным током в Е? (См. Трансформаторы.)

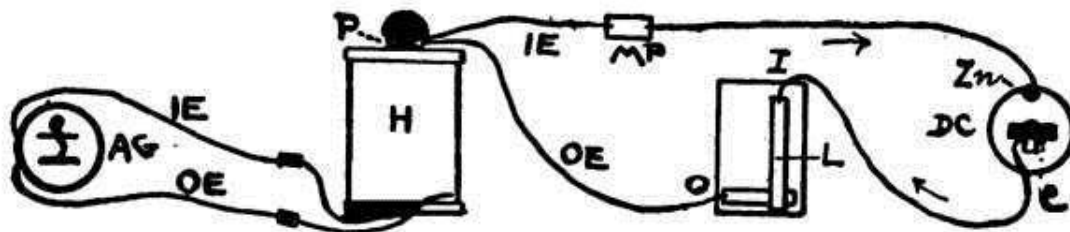


Рис. 141.

ЭКСПЕРИМЕНТ 181. Для изучения эффекта запуска или прекращения тока в катушке, помещенной внутри другой катушки.

437. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 141](#). Соедините катушку Н с аstaticеским гальваноскопом, обозначенным буквой G. Поместите маленькую катушку Р (№ 98) с сердечником внутри Н и соедините концы Р ключом и ячейкой, как показано.

(В) замкните цепь в точке К; следите за стрелкой и, как только она вернется в свое положение, снова разомкните цепь.

Сравните направление индуцируемого тока в Н с направлением индуцирующего тока в Р, (1) когда индуктивная цепь замкнута и (2) когда она разорвана. (См. раздел Индукционные катушки.)

438. Обсуждение примеров 180, 181. Когда ток внезапно начинает протекать через катушку, воздействие на соседнюю катушку такое же, как при внезапном приближении к ней магнита; а когда ток прекращается, возникает противоположный эффект.

Мы можем считать, что когда индуктивная цепь[184] замкнута, силовые линии проходят через витки внешней катушки. При размыкании контура силовые линии прекращают свое существование; то есть мы можем представить, что они втягиваются снова.

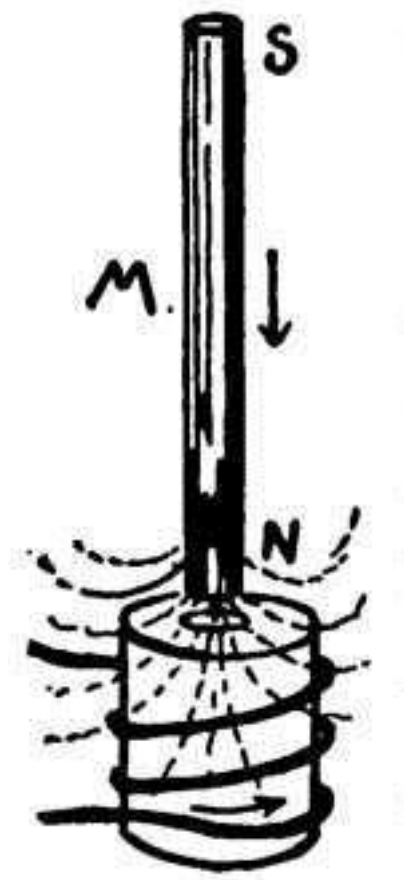


Рис. 142.

439. Направление наведенного тока. На рис. 142 показан магнит, входящий в катушку; количество силовых линий в катушке увеличивается, и индуцированный ток проходит в направлении против часовой стрелки, если смотреть вниз в катушку вдоль силовых линий. Это создает *непрямой* ток. Если бы ток от элемента был пропущен через катушку в направлении этого прямого тока, нижний конец железного бруска превратился бы в S-образный полюс. (См. § 428.)

440. Законы индукции. (1) Увеличение количества силовых линий, проходящих через замкнутую цепь, приводит к возникновению косвенного индуцированного тока, в то время как уменьшение приводит к возникновению прямого. (См. § 428.)

(2) Э.М.Ф. индуцированного тока равен скорости увеличения или уменьшения количества силовых линий, проходящих через цепь.

(3) Постоянный ток не создает индуцированного тока при условии отсутствия движения.

(4) При замыкании цепи возникает не прямой ток.

(5) При размыкании цепи возникает постоянный ток.

(6) *Закон Ленца.* Индуцированные токи имеют направление, которое стремится остановить движение, их вызывающее.

441. Первичный и вторичный токи. В предыдущих экспериментах по индукции следует иметь в виду, что ток от элемента не проходил через гальваноскоп. Это были две совершенно отдельные схемы,[185] никоим образом не соединенные. *Первичный* ток исходит от элемента, в то время как *вторичный* ток является индуцированным.

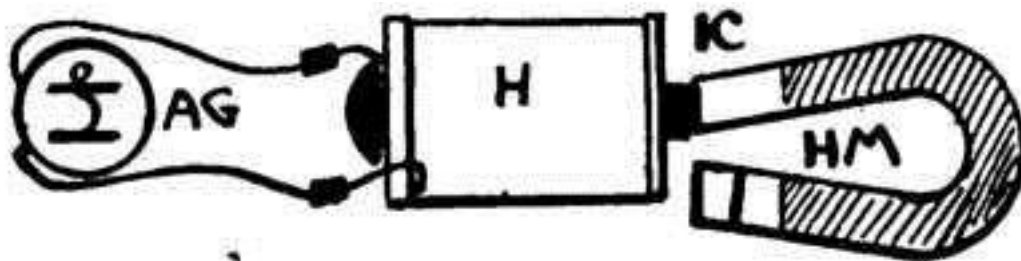


Рис. 143.

ЭКСПЕРИМЕНТ 182. Чтобы понять, что подразумевается под переменными токами.

442. Как проехать. (А) Расположите, как показано на рис. 143. Соедините катушку Н с G, как и раньше. Приложите один полюс Нм к концу стержня Ic, удерживайте Н одной рукой, а другой быстро надавите другим полюсом Нм на стержень. Это должно вызвать мгновенный ток через букву G, сначала в одном направлении, а затем в другом. Дайте игле успокоиться.

(Б) Перемещайте Нм взад-вперед по концу Ic, быстро меняя его полярность. Минутная практика позволит вам быстро перемещать сердечник от одного полюса Нм к другому и обратно - примерно 3 полных колебания в секунду. Игла должна быть параллельна катушке А G, и при правильном выполнении игла будет слегка вибрировать взад-вперед при каждом изменении полярности Ic.

443. Постоянный и переменный токи. Ток, который постоянно течет в одном направлении, называется *постоянным* током. Элемент выдает постоянный ток, когда цепь замкнута. Когда ток на мгновение проходит в одном направлении, а затем немедленно меняет направление и течет в противоположном направлении, говорят, что он *чередуется*. Наведенный ток, который протекал через гальваноскоп в примере 182, был переменным. Токи этого класса имеют большое практическое применение.

444. Самоиндукция; Дополнительные токи. Было показано, что намагниченная катушка может действовать через пространство[186] и индуцировать ток в соседней катушке. Силовые линии, отходящие от электромагнита, будут генерировать ток в любом проводнике, который случайно окажется в поле или который перемещается поперек линий. Таким образом, очевидно, что, поскольку силовые линии от каждого витка катушки пересекают все остальные витки той же катушки, каждый виток действует как проводник, помещенный в поле действия

каждого другого витка. В тот момент, когда через катушку начинает протекать ток, в катушке запускается обратный ток самоиндукции, который противодействует току в элементе. Когда цепь размыкается, этот *дополнительный ток*, как его еще называют, является прямым и увеличивает свою силу по сравнению с током от элемента; поскольку это происходит в момент разрыва цепи, на ключе видна яркая искра, и это показывает, что Э.Д.С. этого дополнительного тока высокий. Этому есть практическое применение.

ГЛАВА XXVI.

СОЗДАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТОКАМИ.

445. Течения и движение. В экспериментах с индуцированными токами мы видели, что электрический ток может генерироваться надлежащим перемещением магнитов вблизи витков проволоки. (См. Динамо-электрические машины.) Можем ли мы обратить этот процесс вспять? Может ли движение быть вызвано электрическим током?

ЭКСПЕРИМЕНТЫ 183-190. Для изучения создания движения с помощью электрического тока.

Аппарат. Опора, включающая основание, стержень и опорную проволоку, S W (рис. 144.) Катушки проволоки (№ 89, 90); железные сердечники для катушек; ячейка; ключ; соединительные провода; компас; преобразователь тока; стержневой магнит; подковообразный магнит.

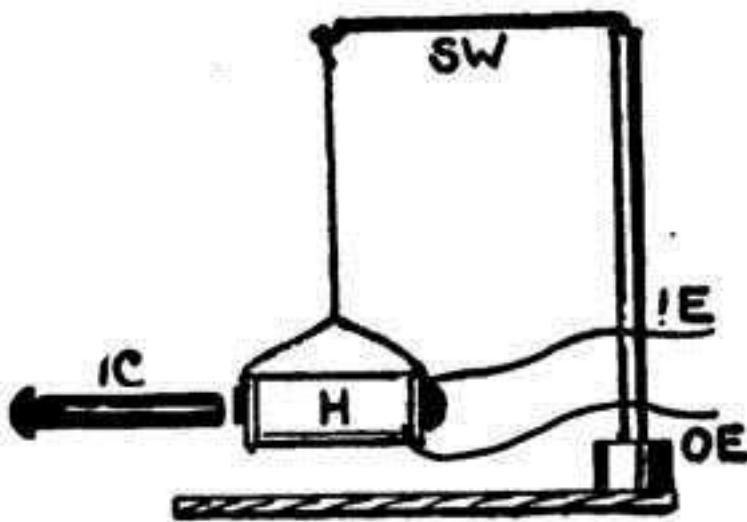


Рис. 144.

ЭКСПЕРИМЕНТ 183. Движение, производимое с помощью полой катушки и куска железа.

446. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 144](#). Катушка Н (№ 90) предназначена для использования в качестве маятника, и ее можно поддерживать, прикрепив к ней бечевку, верхний конец которой следует привязать к Sw.

Соедините концы Н с К и D С. Как только цепь замкнется, возникнет небольшое магнитное поле около Н.

(В) Удерживайте Ic у конца катушки. На мгновение замкните цепь. Происходит ли какое-либо движение в Н? Хотя движение будет незначительным, его должно быть достаточно, чтобы его заметили, если ячейка прочная.

(С) раскачивайте подвешенную катушку взад-вперед, как маятник, в течение минуты, пока не почувствуете быстроту ее колебаний. Остановите это, затем повторите (В), замыкая и размыкая цепь через равные промежутки времени, так что небольшие импульсы, подаваемые притяжением для Ic, постепенно заставят Н вибрировать. Провода, идущие от Н, не должны волочиться по столу.

ЭКСПЕРИМЕНТ 184. Движение с полой катушкой и стержневым магнитом.

447. Как проехать. (А) Замените стержневой магнит М (№ 97) на железный из [опыта 183](#) ([рис. 144](#)). Четко запомните полярность катушки по тому, как через нее протекает ток, затем проверьте ее с помощью компаса, чтобы определить, правы ли вы.

(В) Удерживайте N полюс М рядом с левым концом катушки, на мгновение замкните цепь и изучите результаты.

(С) переверните магнит и повторите (В). Сравните результаты с результатами, приведенными в [примере 183](#). Попробуйте заставить катушку вибрировать.

ЭКСПЕРИМЕНТ 185. Движение с помощью электромагнита и куска железа.

448. Как проехать. (А) расположите, как описано в [Примере 183](#), [рис. 144](#). Поместите короткий сердечник внутрь катушки и повторите. (Инструкции см. в § 446.) Почему движение производится намного большим, чем движение полой катушки?

(В) катушку можно постепенно заставить вращаться на довольно небольшом пространстве, регулярно замыкая и размыкая цепь (§ 446, С). Можно ли было бы как-то использовать такое движение, если бы оно было в больших масштабах? Можно ли было бы использовать его для запуска машины?

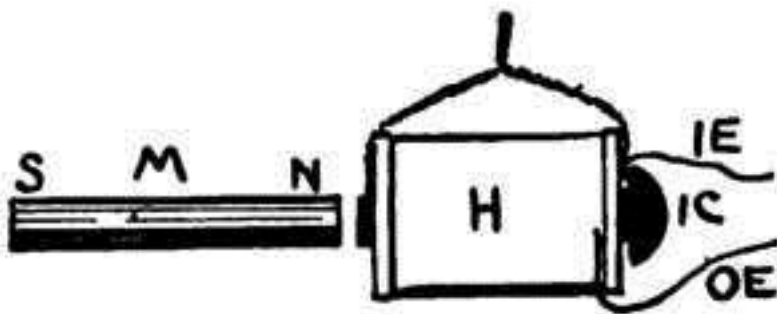


Рис. 145.

ЭКСПЕРИМЕНТ 186. Движение с помощью электромагнита и стержневого магнита.

449. Как проехать. (А) Расположите, как показано на [рис. 145](#), катушку подвесьте и подсоедините, как показано в [примере 183](#) ([рис. 144](#)).

(В) изучите эффект замыкания цепи, когда N полюс М удерживается вблизи сердечника Н. Переверните М и повторите.

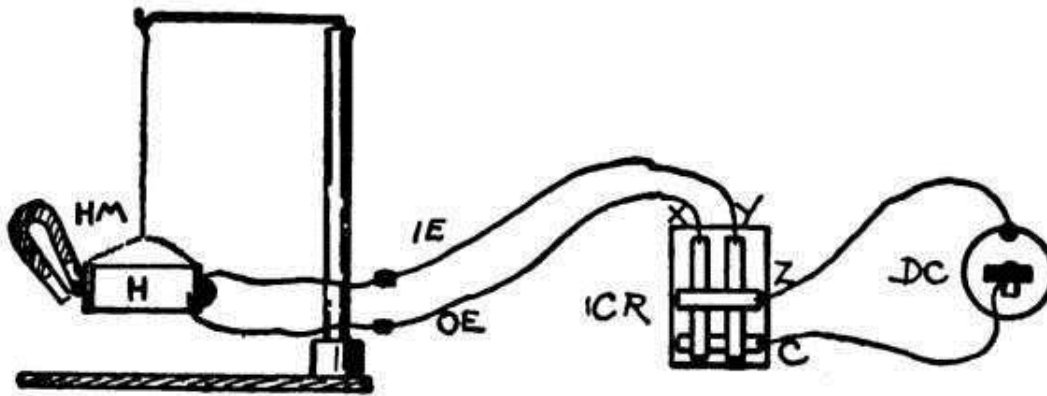


Рис. 146.

ЭКСПЕРИМЕНТ 187. Движение с помощью электромагнита и подковообразного магнита.

450. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 146](#). Концы Н (№ 89) соединены с X и Y текущего реверсора Cr (№ 57). Таким образом, очевидно, что направление тока через Н может быть легко и быстро изменено с помощью Cr. (См. [Пример 103](#).) Любой полюс подковообразного магнита Нм будет притягивать Ic, когда он не намагничен.

(В) Поместите конец Ic рядом с N полюсом Нм так, чтобы он притягивался к нему. Вы узнали, что подобные полюса отталкиваются друг от друга, поэтому нажмите рычаг С R, который создаст N полюсов на левом конце I C. Ядро Ic должно отталкиваться N полюсом Нм и мгновенно притягиваться его S полюсом.

(С) Быстро поверните ток вспять и заставьте Ic прыгать взад-вперед от одного полюса к другому. Результаты этого эксперимента следует запомнить, поскольку они помогут разобраться в двигателях. Сердечник диаметром ¼ дюйма можно поместить между полюсами и заставить его быстро вибрировать при изменении направления тока.

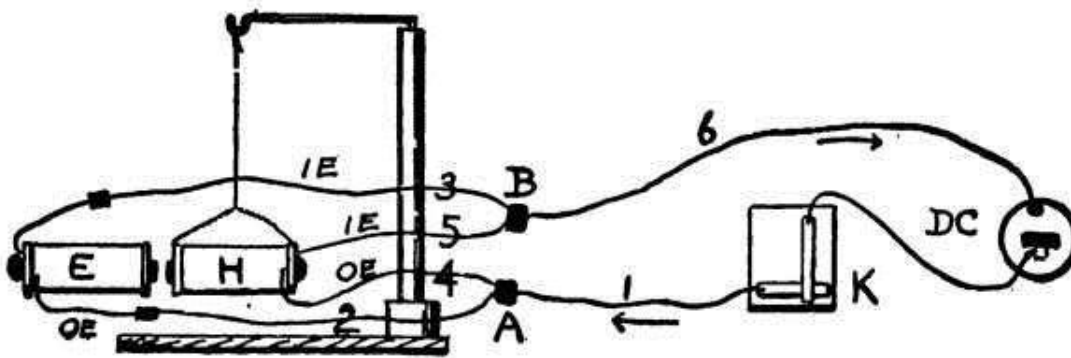


Рис. 147.

ЭКСПЕРИМЕНТ 188. Движение с помощью двух электромагнитов.

451. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 147](#). Соедините две катушки, Н и Е, параллельно. Соедините их два внешних конца Ое с металлической пластиной А, а их внутренние концы Iе с В. Подсоедините провода 1 и 6 к К, Дс, А и В, как показано на рисунке. Когда цепь замкнута в точке К, ток будет проходить по проводу 1 и разделяться в точке А, одновременно поступая в Е и Н по проводам 2 и 4 и возвращаясь через 3 и 5 в В, а оттуда в Д С.

(В) на мгновение замкните цепь проводами, расположенными, как показано на [рис. 147](#). Притягивают ли электромагниты друг друга или отталкиваются? Изучите направление, в котором ток проходит по катушкам, и посмотрите, должны ли они *should* притягиваться или отталкиваться.

(С) замените провод 4 на В, а провод 5 на А. При замыкании этой цепи будет изменена только полярность Н. Нажмите клавишу на мгновение и изучите результаты.

452. Обсуждение [примеров 183-188](#). Из полученных результатов очевидно, что движение может быть произведено с помощью электрического тока множеством различных способов. Он может быть получен на концах проводов, которые просто тянутся через всю комнату, или которые простираются на многие мили от источника тока. Чтобы получить практические результаты для коммерческих целей, нам требуются надлежащий источник тока, надлежащие проводники и надлежащее устройство для преобразования движений в полезную работу. Движения, заданные частям аппарата в предыдущих экспериментах, не подходят для коммерческих целей, поскольку они совершаются по прямым линиям. Для качественной работы необходимо вращательное движение; и когда оно применяется к валу, ремни можно использовать для запуска всех видов механизмов. (См. Электродвигатели.)

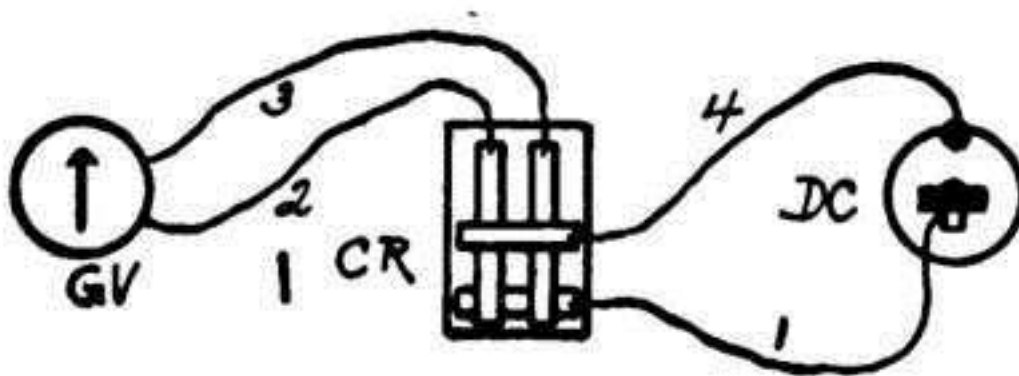


Рис. 148.

ЭКСПЕРИМЕНТ 189. Вращательное движение с помощью полый катушки проволоки и постоянного магнита.

453. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 148](#). Вместо реверсора можно использовать ключ. Катушка гальваноскопа GV находится в магнитном поле вокруг нее, когда цепь замкнута. Игла имеет постоянное поле.

(В) замкните цепь на мгновение, дайте игле снова пройти нулевую отметку, снова замкните цепь и т.д., пока добавленные импульсы не приведут иглу к полному повороту.

(С) поддерживайте вращение иглы вокруг своей оси, размыкая и замыкая контур в нужное время. Немного попрактиковавшись, вы сможете заставить его быстро поворачиваться.

(D) Выполните обратное движение иглы. (См. [§ 455.](#))

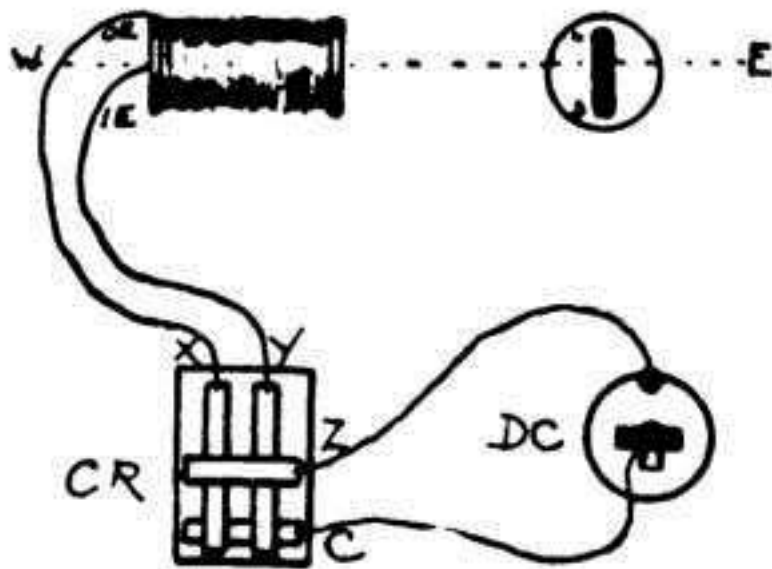


Рис. 149.

ЭКСПЕРИМЕНТ 190. Вращательное движение с помощью электромагнита и постоянного магнита.

454. Как проехать. (А) Расположите, как показано на [рис. 149](#). Расположите компас на небольшом расстоянии от конца сердечника катушки Н (№ 89). Замкните цепь и, как только игла проделает часть оборота, снова разомкните ее, замыкая в нужное время, чтобы придать игле новый импульс. Скорость можно регулировать, изменяя расстояние от сердечника. Вместо реверсора можно использовать ключ.

(В) измените направление вращения на обратное.

455. Обсуждение примеров 189-190. В этих экспериментах мы получили ключ к действию электродвигателей. При правильном размыкании и замыкании цепи вращательное движение может поддерживаться до тех пор, пока подается ток. Если бы к верхней части стрелки компаса был прикреплен небольшой шкив в [примере 190](#), можно было бы прикрепить крошечный ремень, и у нас была бы машина, которая могла бы выполнять, возможно, работу на лету. (См. раздел Электродвигатели.)

ГЛАВА XXVII.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

456. Что может делать электричество. Среди почти бесчисленного множества вещей, которые может делать электричество, есть следующие: оно подает сигналы без проводов. Он сверлит камни, уголь и зубы. Он лечит болезни и убивает преступников. Он защищает, обогревает и вентилирует дома. Он фотографирует кости человеческого тела. Он звонит в церковные колокола и играет на церковных органах. Он освещает улицы, автомобили, лодки, шахты, дома и т.д. Он качает воду, готовит еду и обмахивает вас веером во время еды. Он управляет всеми видами механизмов, лифтами, автомобилями, лодками и фургонами. Он отправляет сообщения с помощью телеграфа, телефона и прожектора. Он режет ткань, гладит одежду, моет посуду, чернит ботинки, сваривает металлы, печатает книги и т.д., и т.п.

Поскольку эта книга посвящена почти исключительно экспериментам, проводимым с помощью простых самодельных приборов, здесь нет места для обсуждения множества приборов и машин, которые делают электричество практичным повседневным занятием. (Смотрите "Что мальчик должен знать об электричестве".) Однако будут даны принципы, от которых зависят несколько важных приборов.

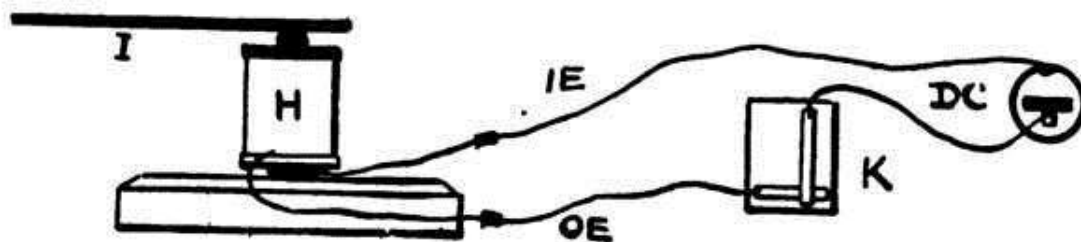


Рис. 150.

ЭКСПЕРИМЕНТ 191. Изучить действие простого "телеграфного эхолота".

457. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 150](#). Электромагнит опирается на свое основание, как указано в § 407. Катушки Н, К и постоянного тока соединены последовательно. Железную полосу I можно держать левой рукой, в то время как К обрабатывается правой.

(В) нажимайте клавишу, замыкая цепь на разные промежутки времени, и обратите внимание, что якорь, I, точно реагирует на движения в точке К.

458. Обсуждение. Щелчок вниз издает отчетливый звук, и в обычных инструментах арматуре также разрешается издавать щелчок вверх. Промежуток времени между двумя щелчками может быть коротким или длительным для обозначения *точек* или *тире*, которые вместе с пробелами обозначают буквы. (О телеграфном алфавите и полных инструкциях по изготовлению и подключению самодельной телеграфной линии см. В Справочнике по аппаратуре.)

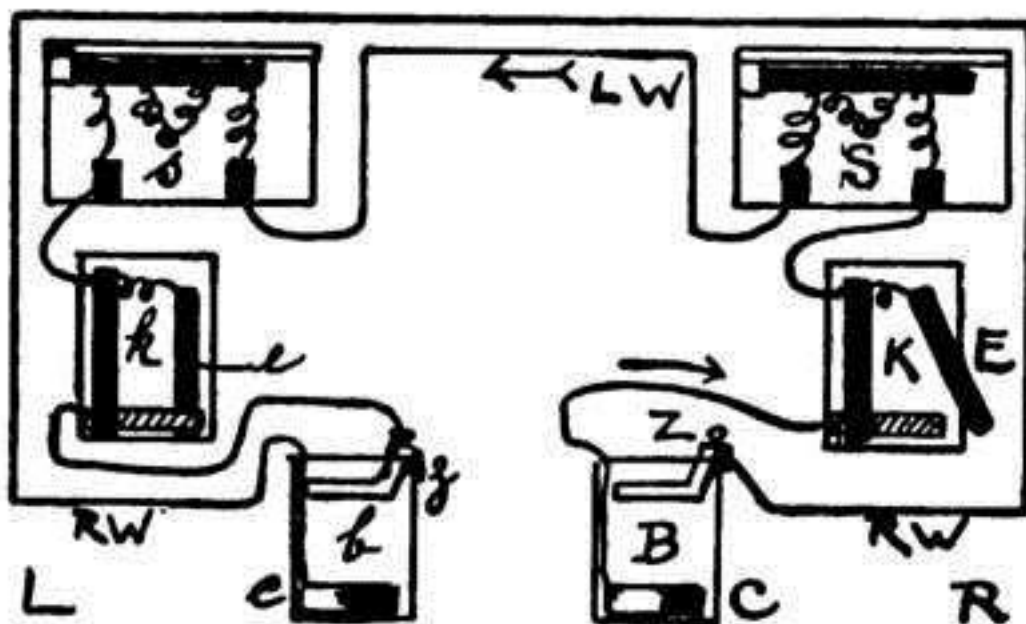


Рис. 151.

459. Телеграфная линия; Соединения. На рис. 151 показаны полные соединения самодельной телеграфной линии. Заглавные буквы используются для обозначения правой стороны, R, а строчные - для обозначения левой стороны, L.

Используются гравитационные ячейки B и b. Эхолоты S и s, а также клавиши, K и k, показаны видом сверху или планом. Широкие черные линии S и s обозначают якоря, которые находятся непосредственно над электромагнитами. На клавишах есть переключатели E и e.

Две станции, R и L, могут находиться рядом друг с другом или в разных домах. Обратный провод, RW, проходит от меди b к цинку B. Это важно, так как клетки должны помогать друг другу, то есть они расположены последовательно. Линейный провод, LW, проходит от одной станции к другой, и [194] возврат может осуществляться по проводу Rw или через землю; но для коротких линий лучше всего использовать обратный провод.

460. Операция с линией. Предположим, что R (справа) и L (слева) имеют линию. На рис. 151 показано, что переключатель R, E, разомкнут, в то время как e замкнут. Таким образом, вся схема разорвана только в одной точке. Как только R нажимает свою клавишу, цепь замыкается, и ток из обеих ячеек устремляется по кругу от B через K, S, LW, s, k, b, Rw и обратно к B. Это приводит к тому, что арматуры S и s опускаются со щелчком одновременно. (См. Пример 191.) Как только ключ поднят, якоря поднимаются, производя щелчок вверх. (См. § 458.) Как только R заканчивает, он закрывает свой коммутатор, E. L затем открывает e и отвечает R. Оба E и e закрыты, когда линия не используется, так что любой из них может в любое время открыть свой коммутатор и вызвать другого. Для таких линий используются ячейки замкнутого контура. На больших линиях используется ток от динамо-машины.

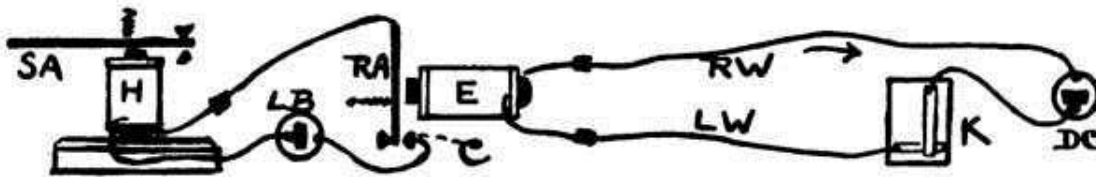


Рис. 152.

ЭКСПЕРИМЕНТ 192. Изучить действие и использование "ретранслятора" на телеграфных линиях.

461. Указания. (А) расположите, как показано на рис. 152. Поместите K и Dc на одном конце таблицы, чтобы обозначить отправляющую станцию. На другом конце стола поместите E, который является электромагнитом реле, и H, электромагнит эхолота. Соедините концы E с K и D C, где LW - линейный провод, а RW - обратный. На практике обратный провод осуществляется через землю. Якорь реле, Ra, должен вибрировать в направлении E каждый раз, когда нажимается K. C - это кусок меди, на который Ra давит каждый раз, когда его притягивает E, и это замыкает то, что называется локальной цепью. Соедините полюса другой батареи, Lb, с C и H, а другой конец катушки H - с R A. Арматура эхолота, Sa, должна быть расположена так, как указано в Примере 191. На двух якорях показаны маленькие пружинки, которые удерживают их подальше от сердечников, когда цепи разомкнуты.

(Б) прикрепите детали к доске и изучите соединения и действие этого самодельного приспособления.

462. Реле заменяет эхолот в цепи линейного провода, и его катушки обычно намотаны множеством витков тонкой проволоки, так что слабый ток будет приводить в движение его хорошо отрегулированный якорь. Из-за большого сопротивления длинных телеграфных линий ток слабый, когда достигает удаленной станции, и недостаточно сильный, чтобы сработал обычный эхолот. Ток возвращается от реле к передающей станции через землю. Якорь реле действует как автоматический ключ для размыкания и замыкания локальной цепи, который также включает аккумулятор и эхолот. Сетевой ток не поступает в эхолот. (Смотрите "Что мальчик должен знать об электричестве".)

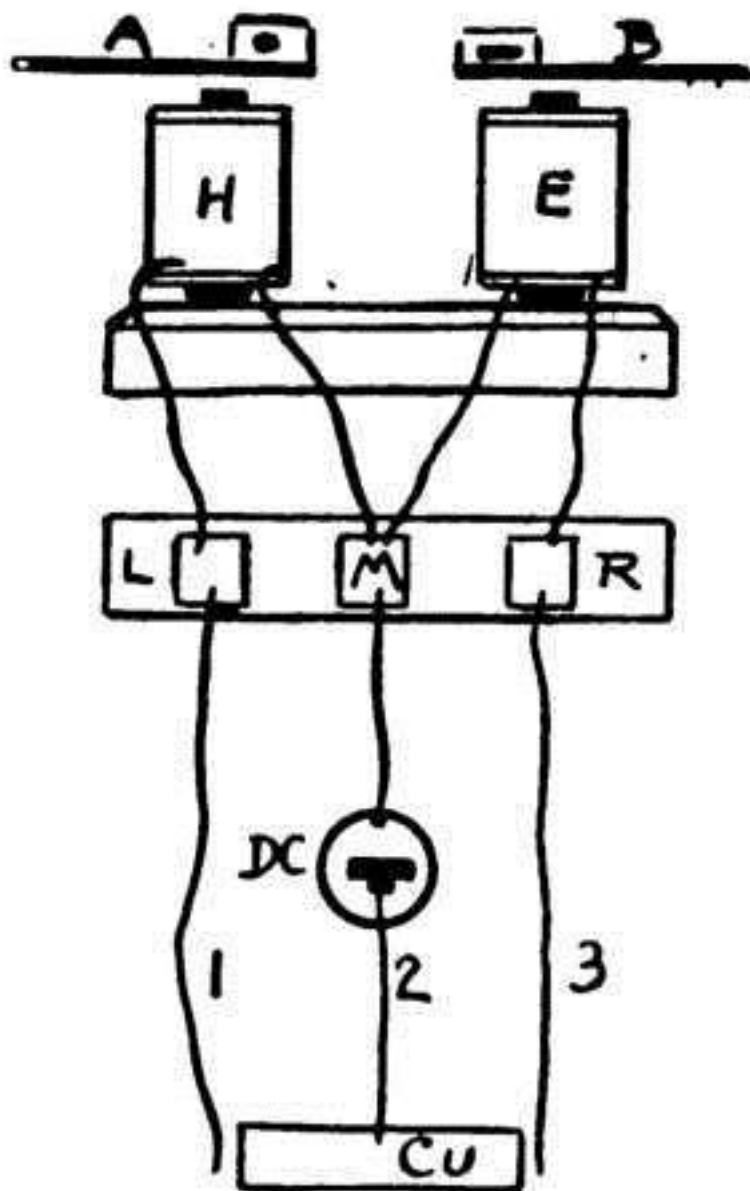


Рис. 153.

ЭКСПЕРИМЕНТ 193. Для изучения действия двухполюсного телеграфного аппарата.

463. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 153](#). Подсоедините две катушки к соединительным пластинам, как описано в § 408. Соедините полоску меди Cu с проводом 2, ведущим от постоянного тока, и соедините цинк постоянного тока с М. Концы проводов 1 и 3 должны находиться рядом с медью, но не должны касаться ее. Если Cu слегка изогнут так, что его концы приподнимаются над столом, концы проволок 1 и 3 можно подложить непосредственно под концы Cu ; тогда каждую половинку Cu можно использовать как ключ. Два якоря, А и В, должны быть закреплены, как показано на рисунке. Постоянный ток, конечно, можно разместить с одной стороны, подключив его клеммы к М и Cu .

(В) Нажмите сначала на один, а затем на другой конец Cu , чтобы ток проходил через Н или Е по желанию.

(С) приклейте к арматурам кусочки бумаги, левый из которых будет отмечен точкой, а другой - прочерком. Тот, кто отправляет сообщение, может поставить точки или тире на приборе, нажав соответствующую клавишу. Инструмент такой формы может быть легко изготовлен мальчиками, и сообщения легче воспринимаются глазом, чем ухом, как в обычных эхолотах.

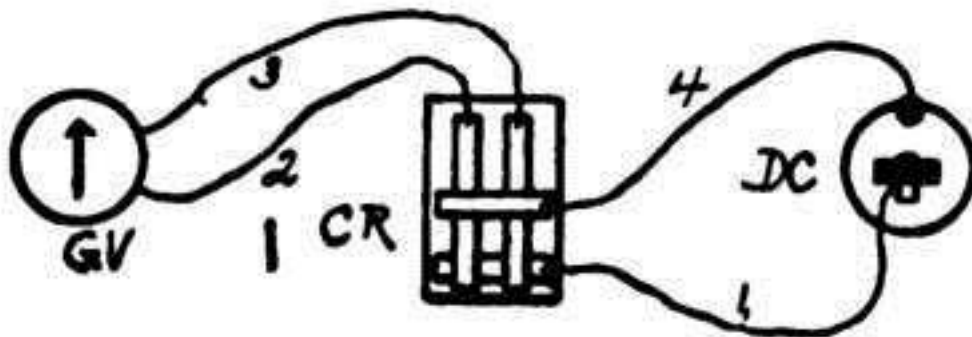


Рис. 154.

ЭКСПЕРИМЕНТ 194. Изучить действие простого "телеграфного прибора с одной иглой".

464. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 154](#). Воткните по булавке с каждой стороны от N-го полюса иглы гальваноскопа через градусную карту так, чтобы игла могла совершить лишь часть оборота, когда цепь замкнута.

(В) прикоснитесь к одному рычагу реверсивного устройства Cr , затем к другому, чтобы проверить правильность соединений. Иглу следует прижать к одному штифту, а затем к другому. Если движения влево представляют собой *точки*, а движения вправо - *тире*, для букв можно использовать комбинации точек и тире, как в "звуковом сигнале" ([Пример 191](#)).

(С) расположите устройство, показанное на [рис. 122](#), так, чтобы можно было отправлять сообщения.

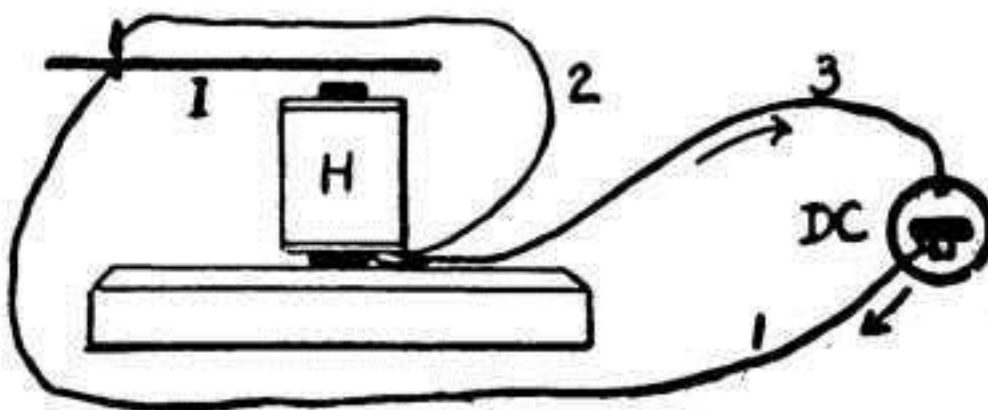


Рис. 155.

ЭКСПЕРИМЕНТ 195. Изучить действие простого автоматического "контактного выключателя" или "прерывателя тока".

465. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 155](#). Наденьте пружинный соединитель, прикрепленный к проводу 1, на железную полоску I на небольшом расстоянии от ее конца. Крепко держите левый конец провода I одной рукой, а другой удерживайте разъем на проводе 2 чуть выше разъема на проводе 1. Правый конец буквы I должен находиться чуть выше сердцевины буквы H.

(В) Дайте току пройти по цепи, осторожно соприкасаясь двумя разъемами друг с другом. Производит ли якорь один щелчок, как в телеграфном эхолоте, или он быстро вибрирует?

(С) Попробуйте установить разъемы в различных положениях на I.

466. Автоматические прерыватели тока используются на звонках, зуммерах, индукционных катушках и т.д. Принцип[197], по которому они работают, показан в приведенном выше эксперименте ([рис. 155](#)). Ток, поступающий от источника постоянного тока, обязан прекратиться, когда достигнет I, если только два разъема не соприкоснутся. Как только ток проходит, I опускается и отводится от верхнего разъема, и это размыкает цепь. I, будучи крепко зажатым в руке, немедленно возвращается в прежнее положение, замыкая цепь. Скорость колебаний в некоторой степени зависит от положения разъемов на I. В обычных приборах там, где цепь разорвана, используется платиновый наконечник; он выдерживает постоянное искрение в этой точке.

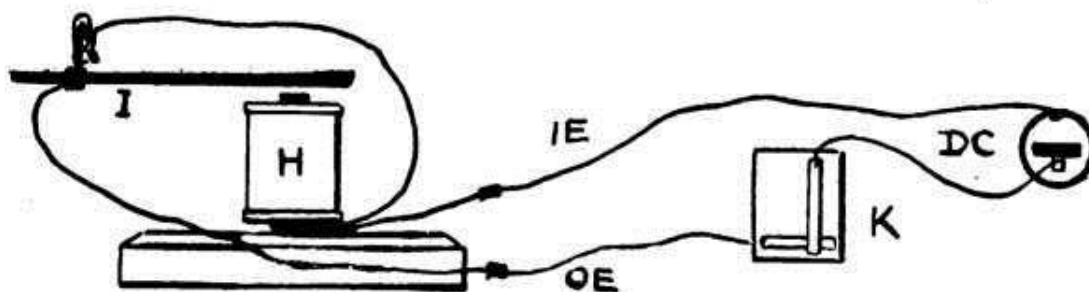


Рис. 156.

ЭКСПЕРИМЕНТ 196. Изучить действие простого "электрического звонка" или "зуммера".

467. Указания. (А) На рис. 156 показана схема, описанная в Примере. 195, с вставленным ключом или кнопкой, позволяющей замкнуть цепь на расстоянии от вибрирующего якоря.

(В) Попросите друга нажать клавишу, пока вы удерживаете I и провода 1 и 2, как указано в Примере 195. Разумеется, цепь не должна разрываться в двух местах, поэтому начните с соединения двух разъемов вместе. Якорь должен быстро вибрировать при каждом нажатии клавиши К.

468. Электрические звонки и зуммеры очень похожи по конструкции; фактически, вы получите зуммер, сняв звонок с обычного электрического звонка. Зуммеры используются в местах, где громкий звук звонка был бы нежелателен.

Поместив колокольчик рядом с концом вибрирующего якоря (рис. 156), чтобы он ударял в колокольчик при каждой вибрации, мы должны получить электрический звонок. Сделав провода длиной 1 и 3, с колокольчиком или зуммером можно работать на расстоянии. (О самодельных колокольчиках и зуммерах см. В книге по приборам, глава XV.)

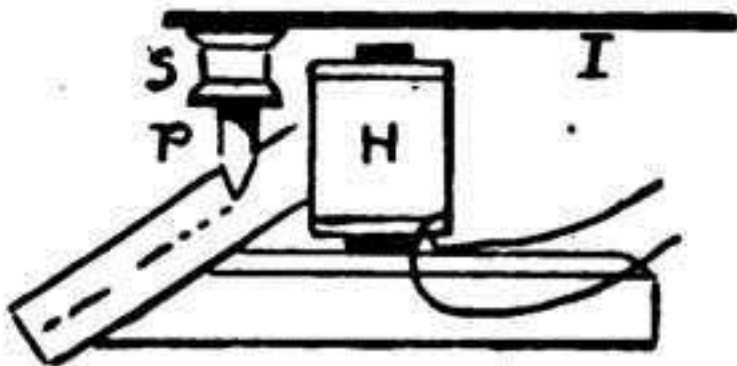


Рис. 157.

ЭКСПЕРИМЕНТ 197. Изучить действие простого телеграфного "самописца".

469. Указания. (А) вырежьте из жестяной коробки или консервной банки кусок жести длиной около 4 дюймов и толщиной 1½ дюйма. широкий. Согните его вдвое, чтобы получились две толщины. Это будет служить арматурой I (рис. 157). Прибейте к одному концу I маленькую катушку S и вложите в нее короткий отрезок грифеля Р, который можно крепко удерживать в S, обернув вокруг него немного бумаги. Подсоедините концы катушки Н к ключу и ячейке, как показано на рис. 156.

(В) Удерживайте или закрепите I на месте, и попросите друга нарисовать точки и тире на клавише, пока вы проводите листом бумаги за концом буквы Р. Потребуется небольшая регулировка, чтобы карандаш мог писать только при замкнутом контуре. В обычных машинах все детали обрабатываются автоматически.

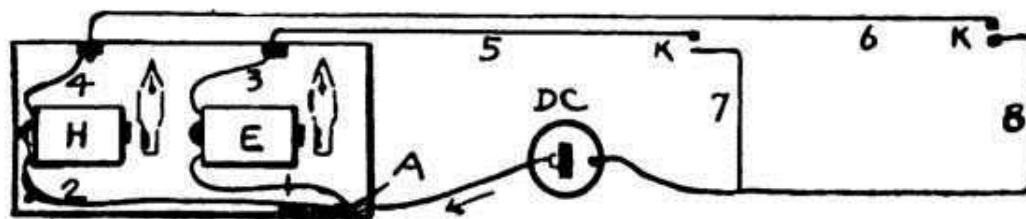


Рис. 158.

ЭКСПЕРИМЕНТ 198. Изучить действие простого "извещателя".

470. Указания. (А) расположите, как показано на [рис. 158](#). Прикрепите два электромагнита, Н и Е, к доске или куску жесткого картона. Их можно удерживать на месте, пропуская через них и через доску нитки, завязанные с другой стороны. Концы катушек Н и Е следует присоединить к кусочкам олова А, В, С с помощью соединителей. К и К - это клавиши, которые в реальных приборах находятся в разных помещениях. Две стальные ручки можно раскачивать на штифтах на небольшом расстоянии от концов сердечников, так что их нижние концы будут притягиваться к сердечникам в тот момент, когда через них пройдет ток. Остаточный магнетизм должен удерживать их на стержнях до тех пор, пока они не будут удалены. Вместо ручек можно использовать шпильки, гвозди или иголки.

(В) Нажмите сначала одну клавишу К, а затем другую, чтобы проверить правильность ваших подключений.

471. Извещатели. Существует множество форм оповещателей, используемых, например, в отеле для обозначения определенного номера, когда в офисе звонит звонок. Если в цепь между пунктами постоянного тока С и А включить звонок, показанный на [рис. 158](#), он будет звонить при каждом нажатии клавиши. Это привлечет внимание к тому факту, что кто-то позвонил, и оповещатель покажет местоположение специального вызова. Большие приборы изготавливаются с сотнями электромагнитов, каждый из которых реагирует на специальное помещение. Разумеется, прибор следует настраивать после каждого вызова. Для электромагнитов самодельного извещателя можно использовать гвоздь или шуруп, обмотанный изолированным проводом.

ЭКСПЕРИМЕНТ 199. Изучить шокирующие эффекты "дополнительного тока".

472. Как проехать. (А) Используйте два электромагнита, присоединенных к соединительным пластинам ([рис. 132](#)), для генерации самоиндуцируемого или дополнительного тока. Соедините R на [рис. 132](#) с цинком сухого элемента, а между L и углеродом элемента поместите ключ; другими словами, соедините последовательно электромагниты, элемент и ключ. Две хорошие ячейки, расположенные последовательно, могут быть использованы с пользой.

(Б) Намочите кончики двух пальцев левой руки, нажмите одним на L, а другим на R, создавая таким образом шунтирование рукой. Правой рукой быстро поворачивайте ключ. Если ток достаточно силен, вы должны чувствовать легкий толчок в пальцах каждый раз, когда цепь размыкается. Дополнительный ток (§ 444) вызывает электрический разряд, поскольку проходит через пальцы.

(С) Если у вас есть электрические звонки или телеграфные эхолоты, используйте их для этого эксперимента.

473. Индукционные катушки представляют собой приборы для получения индуцированных токов высокой электромагнитной мощности. Устройство, показанное[200] на [рис. 141](#), представляет собой простую индукционную катушку. *Первичная* катушка изготовлена из более грубой проволоки и имеет меньше витков проволоки, чем *вторичная* катушка. Ток в первичной цепи обычно прерывается *автоматическим прерывателем* ([Пример 195](#)), создавая таким образом переменный ток во вторичной катушке, напряжение которого зависит от относительного числа витков в двух катушках. Индукционные катушки используются в телефонной работе, в медицинских целях, при рентгенографии и т.д., и т.п.

(Информацию о самодельных индукционных катушках см. в книге "Устройство", глава XI.)

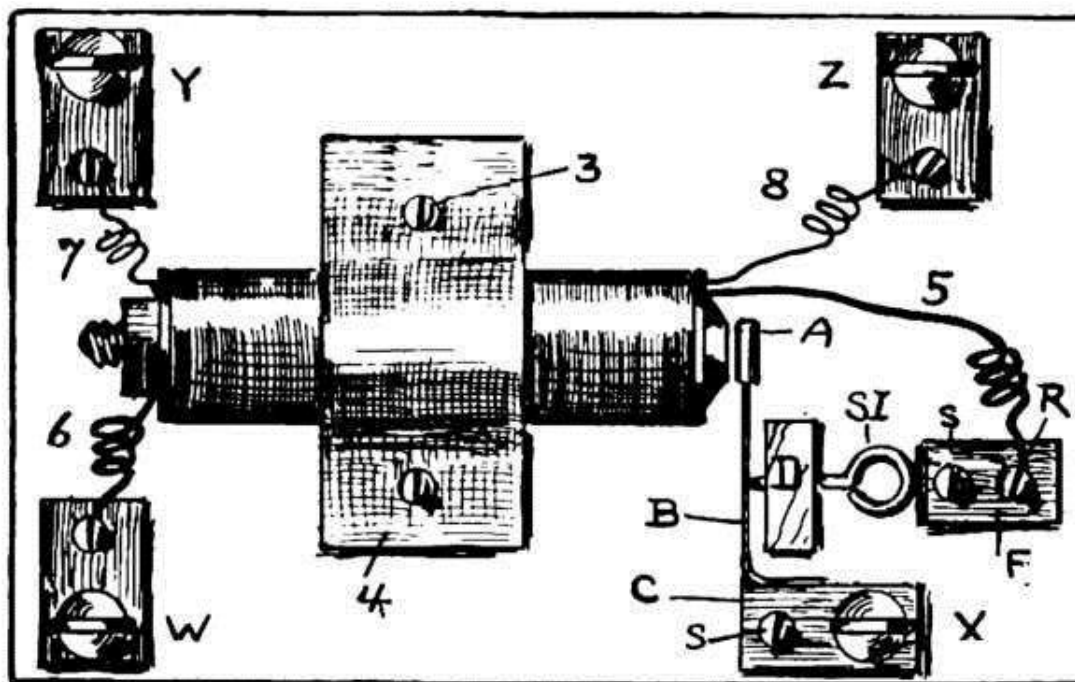


Рис. 159.

474. Действие индукционных катушек. На [рис. 159](#) показан вид сверху одной из самодельных индукционных катушек, полностью описанных в Справочнике по приборам. Провода 5 и 6 являются концами первичной катушки, в то время как провода 7 и 8 являются выводами вторичной катушки. Провода аккумулятора должны быть присоединены к соединительным стойкам W и X, а ручки - к Y и Z. На [рис. 160](#) показаны детали автоматического прерывателя, который устанавливается в первичную цепь.

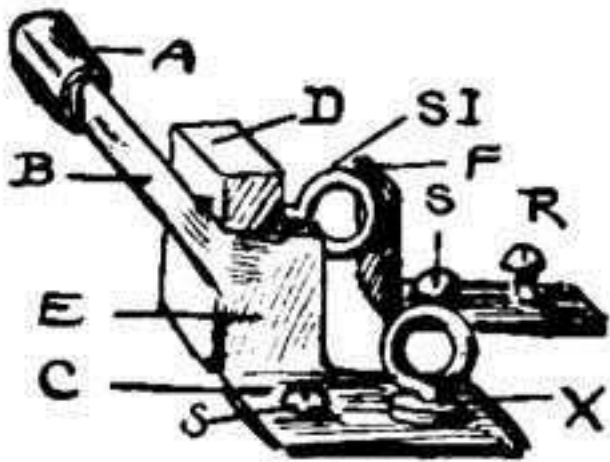


Рис. 160.

Если ток поступает в точке W, он пройдет через первичную катушку и выйдет в точке X, пройдя через S, R, F, S I, B, E и C. В тот момент, когда ток проходит, болт намагничивается; это притягивает A, который оттягивает B от конца S I, таким образом автоматически размыкая цепь. В сразу же возвращается в свое прежнее положение относительно S I, поскольку A больше не притягивается; цепь замкнута, операция быстро повторяется. (О коммерческих формах и применении индукционных катушек читайте в разделе "Что мальчик должен знать об электричестве".)

475. Трансформаторы, как и индукционные катушки, являются инструментами для изменения Э.М.Ф. и силы токов. В хорошо изготовленных трансформаторах потери энергии очень малы. Они состоят из двух катушек провода на одном сердечнике; фактически, индукционную катушку можно считать трансформатором. Если вторичная катушка имеет в 100 раз больше витков провода, чем первичная, от вторичной катушки можно получить ток с Э.Д.С. в 100 Вольт, когда Э.Д.С. тока, проходящего через первичную обмотку, составляет 1 вольт; *носила* (ампер) вторичного тока будет составлять лишь одну сотую от тока первичной обмотки. При использовании катушки из тонкой проволоки в качестве первичной обмотки сила тока, поступающего от другой катушки, будет составлять лишь одну сотую от силы тока в тонкой катушке. Однако мощность его будет в 100 раз выше. Непрерывный ток от элементов или динамо-машин должен прерываться, как в индукционных катушках, для преобразования из одного электромагнитного поля в другое. Трансформаторы в настоящее время широко используются в осветительных и силовых цепях и т.д. (См. "Что мальчик должен знать об электричестве".)

476. Динамо-машина. Мы видели в Объяснениях главы XXV. что электрический ток может генерироваться в катушке провода (замкнутая цепь) путем быстрого перемещения ее через поле магнита. Как показали эксперименты, этого можно достичь многими способами. Динамо-машина для выполнения этого в больших масштабах, при этом катушкам придается вращательное движение в очень сильном[202] магнитном поле; и поскольку количество силовых линий, которые перерезают катушку, постоянно меняется, в катушке есть ток до тех пор, пока подается питание, и этот ток выводится из машины соответствующими устройствами.

Динамо-машина - это машина для преобразования механической энергии в электрический ток посредством электромагнитной индукции.

Если проволочную петлю (рис. 161) так расположить на подшипниках на ее концах, что ее можно заставить вращаться, ток будет протекать по ней в одном направлении в течение половины оборота и в противоположном направлении в течение другой половины, поскольку она изолирована от всех внешних проводников. Такой ток внутри машины не имел бы никакой ценности; он должен быть выведен на внешние провода. Для соединения вращающегося провода с неподвижным необходим какой-либо скользящий контакт.

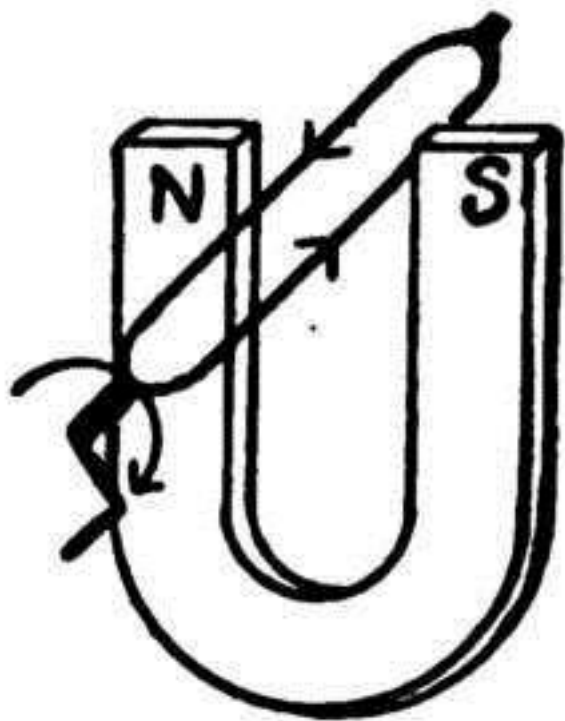


Рис. 161.

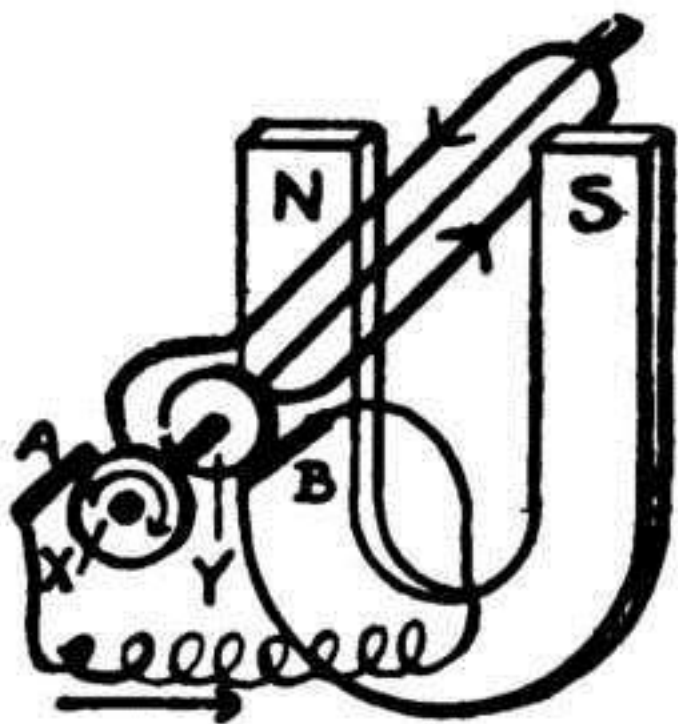


Рис. 162.

На рис. 162 показаны концы катушки, соединенные с двумя кольцами X, Y, которые изолированы друг от друга и вращаются вместе с катушкой. Два неподвижных куска углерода A, B, называемые *щетками*, прижимаются к кольцам, и к ним присоединены провода, которые замыкают цепь и которые ведут туда, где ток может выполнять свою работу. Стрелки показывают направление тока в течение половины оборота. Кольца образуют *коллектор*, и такое расположение дает переменный ток.

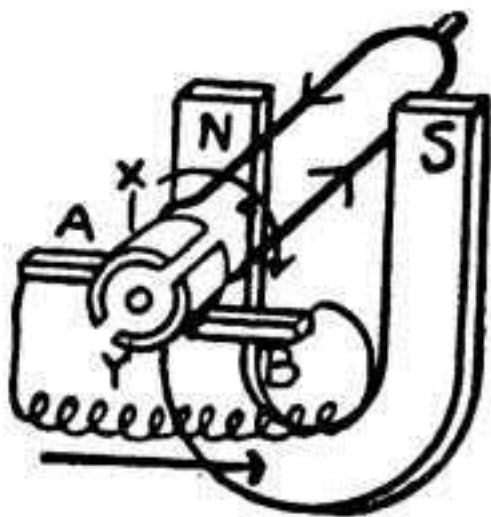


Рис. 163.

На [рис. 163](#) концы катушки соединены с двумя половинами цилиндра. Эти половинки, X и Y, изолированы друг от друга и от оси. Ток течет от X к щетке A через некоторую внешнюю цепь, где он работает, и оттуда обратно через щетку B на Y. К тому времени, когда Y приближается к A, направление тока в контуре меняется на противоположное, так что он проходит к Y; но он все еще поступает во внешнюю цепь через A, потому что Y затем контактирует с A. Это устройство называется *коммутатором*, и оно позволяет постоянному току выходить из машины.

В обычных машинах имеется множество проволочных петель и несколько сегментов для подключения к коммутатору. Вращающиеся катушки намотаны на железный сердечник, так что силовые линии, проходя от одного полюса к другому, будут встречать как можно меньшее сопротивление. Катушки, сердечник и коммутатор, взятые вместе, называются *якорем*. Магниты, создающие поле, называются *полевыми магнитами*. Это электромагниты, для их возбуждения используется ток от динамо-машины или ее части. Существует множество форм динамо-машин и множество способов намотки якоря и возбуждающих магнитов, но пространство не позволяет обсуждать их здесь. (См. "Что мальчик должен знать об электричестве".)

477. Электродвигатель. Эксперименты показали, что движение может быть вызвано электрическим током многими способами. Гальваноскоп можно рассматривать как крошечный моторчик.

Электродвигатель - это машина для преобразования электрической энергии в механическую.

Хотя электродвигатель по конструкции похож на динамо-машину, по действию он противоположен ей. Двигатели получают ток и производят движение. Движение является вращательным, мощность передается на другие машины с помощью ремней или шестерен.

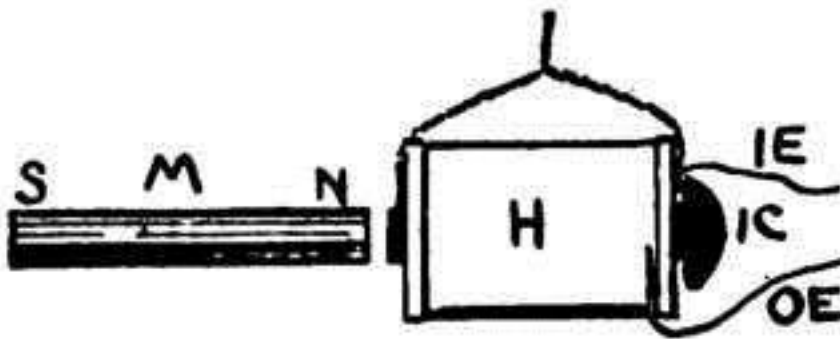


Рис. 164.

ЭКСПЕРИМЕНТ 200. Изучить действие телефона.

478. Как проехать. (А) Присоедините концы катушки H ([рис. 164](#)) к астатическому гальваноскопу. Перемещайте магнит M взад-вперед перед сердечником из мягкого железа, пока H удерживается в нужном положении. Следите за стрелкой. Представьте, что вибрации в воздухе, вызванные голосом, достаточно сильны, чтобы заставить M. слегка двигаться взад и вперед, и вы можете увидеть, как через гальваноскоп будет проходить ток, если говорить против M.

479. Телефон - это инструмент для воспроизведения звуков на расстоянии, а электричество является средством, с помощью которого это обычно достигается. Часть, к которой обращаются, называется *передатчиком*, а часть, которая снова издает звук, называется *приемником*. Сам звук по линии не передается. Хотя одно и то же устройство может использоваться как для передатчика, так и для приемника, они, как правило, различаются по конструкции.

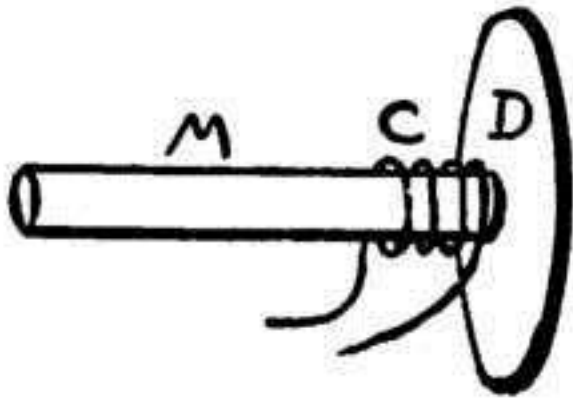


Рис. 165.

480. Звонок или магнитотрансмиттер вырабатывает свой собственный ток и, строго говоря, является динамо-машиной, приводимой в действие голосом. Вы видели в ходе экспериментов, что ток может генерироваться в катушке проволоки путем перемещения магнита взад-вперед перед его сердечником из мягкого железа. В телефоне этот процесс обратный: мягкое железо в форме тонкого диска (D, [рис. 165](#)) вибрирует от звука непосредственно перед катушкой с постоянным магнитом M в качестве сердечника.

Диафрагма из мягкого железа закреплена рядом, но не касается магнита. Катушка состоит из множества витков тонкоизолированного провода. Генерируемый ток является переменным и чрезвычайно слабым; фактически, он не может быть обнаружен с помощью гальваноскопа.

481. Приемник имеет ту же конструкцию, что и передатчик bell, и принимает токи из линии. Поскольку диафрагма всегда притягивается магнитом, она находится под постоянным напряжением. Это напряжение увеличивается, когда ток проходит через катушку в направлении, которое усиливает магнит, и уменьшается, когда ток ослабляет магнит.

Когда ток через катушку всегда имеет одно и то же направление, но различается по силе, диафрагма будет вибрировать из-за изменения силы натяжения.

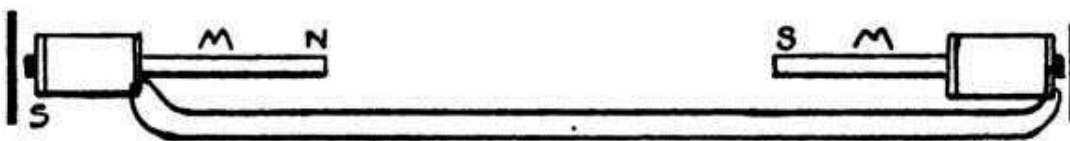


Рис. 166.

Когда ток через катушку переменный, получается тот же результат, поскольку магнит становится слабее и сильнее много раз в минуту. На рис. 166 показаны два соединенных инструмента bell, один из которых используется как передатчик, а другой - как приемник.

482. Углеродный передатчик сам по себе не генерирует ток, подобный магнитному передатчику; он просто производит изменения в силе тока, который протекает через него и который исходит из какого-то внешнего источника.

На рис. 167 X и Y представляют собой две углеродные кнопки, X прикреплены к диафрагме, D. Кнопка Y мягко нажимается на X. Когда D вибрирует из-за голоса, [206] X сильнее или меньше нажимает на Y, и это позволяет большему или меньшему току проходить через цепь, в которой также находится приемник, R. Этот постоянный волнообразный ток изменяет натяжение диафрагмы R, заставляя ее вибрировать и воспроизводить исходные звуки, произносимые в передатчике.

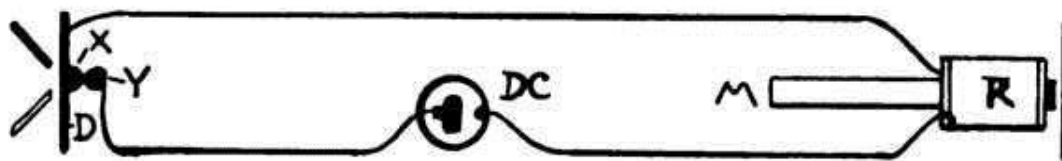


Рис. 167.

483. Индукционные катушки в работе телефона. Поскольку сопротивление телефонных линий велико, желателен ток с довольно высоким Э.М.Ф. Хотя тока от одной или двух ячеек достаточно для работы передатчика, он недостаточно силен, чтобы проталкиваться по длинной линии. Чтобы обойти эту трудность, используется индукционная катушка для преобразования тока батареи, протекающего через передатчик и первичную обмотку, в ток с высоким электромагнитным полем, который может проходить по основной линии и направляться к удаленному приемнику.

Ток батареи в первичной обмотке колеблется, но всегда в одном и том же направлении, магнитное поле вокруг сердечника становится все слабее и сильнее. Это вызывает переменный ток во вторичной обмотке и основной линии.

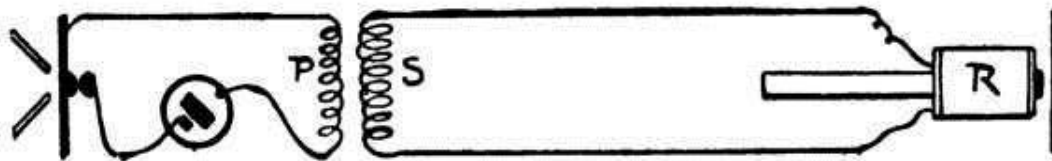


Рис. 168.

На рис. 168 показаны две катушки, P, S, индукционной катушки. Первичная обмотка, P, соединена последовательно с ячейкой [207] и передатчиком. Вторичная обмотка, S, соединена с приемником. Один конец провода S может быть заземлен, при этом ток замыкает цепь через землю и поступает в приемник по другому проводу, входящему в землю. Существует много форм передатчиков. (См. "Что мальчик должен знать об электричестве".)

484. Электрическое освещение и отопление. Всякий раз, когда электрическому току оказывается сопротивление, выделяется тепло. При использовании надлежащих приборов теплоотдача сопротивления может быть применена именно там, где это необходимо, и успех многих коммерческих процессов зависит от электричества. Динамо-машины используются для выработки тока в целях освещения и обогрева. Существуют две замечательные системы освещения: одна с помощью *дуговых* ламп, а другая с помощью *ламп накаливания*. (См. "Что мальчик должен знать об электричестве".)

485. Дуговые лампы дают свет, когда ток проходит от одного углеродного стержня к другому через воздушное пространство. Когда ток начинает проходить через лампу, концы углей соприкасаются, и несовершенный контакт вызывает сопротивление, достаточное для того, чтобы концы раскалились докрасна. Затем они автоматически разделяются, и ток переходит от одного к другому, вызывая "дугу". Сопротивление воздушного пространства снижается из-за сильно нагретого пара и разлетающихся частиц углерода.

486. Лампа накаливания состоит из стеклянной колбы, в которой находится вакуум, и свет возникает за счет прохождения тока через тонкое волокно из растительного углерода, заключенное в вакуум. Волокно мгновенно сгорает при контакте с воздухом. Волокна обладают высокой прочностью и легко нагреваются до накала.

ГЛАВА XXVIII. ПРОВОЛОЧНЫЕ СТОЛЫ.

Таблицы для медной проволоки очень удобны и необходимы при работе с электрическими примерами. Приведенные здесь таблицы взяты из каталога дилера и будут признаны достаточно точными для обычной работы.

Пояснения к таблицам. В первом столбце указаны размеры проводов по номерам. Используется В & S или американский калибр. В таблице ниже приведено сравнение между датчиками В & S и бирмингемскими.

Во *втором столбце* указаны диаметры проволок. Диаметр проволоки № 36 составляет 5 тысячных дюйма; диаметр проволоки № 24 составляет чуть более 20 тысячных или 2 сотых дюйма.

В *третьей колонке* содержится то, что называется круглыми миллиметрами, где миллиметр равен тысячной доле дюйма. Цифры в этом столбце получены путем возведения в квадрат цифр во втором; таким образом, для проволоки № 36 $5 \times 5 = 25$. Этот столбец полезен при работе с примерами, где требуются квадраты диаметров. Остальная часть таблицы объясняется сама собой.

В таблице внизу приведено сравнение дробных и десятичных частей дюйма. Здесь нет места для ряда примеров, демонстрирующих множество применений этой таблицы. (См. "Элементарные электрические примеры".)

ТАБЛИЦЫ С МЕДНОЙ ПРОВОЛОКОЙ. (На основе модуля В.А.)

Калибровоч ный	ДИАМЕТР.	Площадь сечения	.	ОМ		
В&S. №	В 1000-х	В круглых милях.	В амперах.	На 1000 футов.	За милю.	За Фунт.
0000	.460	211600.	312.	.04906	.25903	.000077
000	.40964	167805.	262.	.06186	.32664	.00012
00	.3648	133079.	220.	.07801	.41187	.00019
0	.32486	105534.	185.	.09831	.51909	.00031
1	.2893	83694.	156.	.12404	.65490	.00049
2	.25763	66373.	131.	.15640	.8258	.00078
3	.22942	52634.	110.	.19723	1.0414	.00125
4	.20431	41743.	92.3	.24869	1.313	.00198
5	.18194	33102.	77.6	.31361	1.655	.00314
6	.16202	26251.	65.2	.39546	2.088	.00499
7	.14428	20817.	54.8	.49871	2.633	.00792
8	.12849	16510.	46.1	.6529	3.3	.0125
9	.11443	13094.	38.7	.7892	4.1	.0197
10	.10189	10382.	32.5	.8441	4.4	.0270
11	.090742	8234.	27.3	1.254	6.4	.0501
12	.080808	6530.	23.	1.580	8.3	.079
13	.071961	5178.	19.3	1.995	10.4	.127
14	.064084	4107.	16.2	2.504	13.2	.200
15	.057068	3257.	13.6	3.172	16.7	.320
16	.05082	2583.	11.5	4.001	23.	.512
17	.045257	2048.	9.6	5.04	26.	.811
18	.040303	1624.	8.1	6.36	33.	1.29
19	.03589	1288.	....	8.25	43.	2.11
20	.031961	1021.	....	10.12	53.	3.27
21	.028462	810.	....	12.76	68.	5.20
22	.025347	642.	....	16.25	85.	8.35
23	.022571	509.	....	20.30	108.	13.3
24	.0201	404.	....	25.60	135.	20.9
25	.0179	320.	....	32.2	170.	33.2
26	.01594	254.	....	40.7	214.	52.9

27	.014195	201.	....	51.3	270.	84.2
28	.012641	159.8	....	64.8	343.	134.
29	.011257	126.7	....	81.6	482.	213.
30	.010025	100.5	....	103.	538.	338.
31	.008928	79.7	....	130.	685.	539.
32	.00795	63.	....	164.	865.	856.
33	.00708	50.1	....	206.	1033.	1357.
34	.006304	39.74	....	260.	1389.	2166.
35	.005614	31.5	....	328.	1820.	3521.
36	.005	25.	....	414.	2200.	5469.
37	.004453	19.8	....	523.	2765.	8742.
38	.003965	15.72	....	660.	3486.	13772.
39	.003531	12.47	....	832.	4395.	21896.
40	.003144	9.88	....	1049	5542.	34823.

Калибр	ФУТОВ.		ФУНТОВ.	
В & S. №	За фунт.	На Ом.	На 1000 футов.	В Ом.
0000	1.56122	20497.7	640.51	12987.
000	1.9687	16255.27	507.95	8333.
00	2.4824	12891.37	402.83	5263.
0	3.1303	10223.08	319.45	3225.
1	3.94714	8107.49	253.34	2041.
2	4.97722	6429.58	200.91	1282.
3	6.2765	5098.61	159.32	800.
4	7.9141	4043.6	126.35	505.
5	9.97983	3206.61	100.20	318.
6	12.5847	2542.89	79.462	200.
7	15.8696	2015.51	63.013	126.
8	20.0097	1599.3	49.976	80.
9	25.229	1268.44	39.636	50.
10	31.8212	1055.66	31.426	37.
11	40.1202	797.649	24.924	20.
12	50.5906	632.555	19.766	12.65
13	63.7948	501.63	15.674	7.87
14	80.4415	397.822	12.435	5.00
15	101.4365	315.482	9.859	3.12
16	127.12	250.184	7.819	1.95

17	161.29	198.409	6.199	1.23
18	203.374	157.35	4.916	.775
19	256.468	124.777	3.899	.473
20	323.399	98.9533	3.094	.305
21	407.815	78.473	2.452	.192
22	514.193	62.236	1.945	.119
23	648.452	49.3504	1.542	.075
24	817.688	39.1365	1.223	.047
25	1031.038	31.0381	.9699	.030
26	1300.180	24.6131	.7692	.0187
27	1639.49	19.5191	.6099	.0118
28	2067.364	15.4793	.4837	.0074
29	2606.959	12.2854	.3835	.0047
30	3287.084	9.7355	.3002	.0029
31	4414.49	7.72143	.2413	.0018
32	5226.915	6.12243	.1913	.0011
33	6590.41	4.85575	.1517	.00076
34	8312.8	3.84966	.1204	.00046
35	10481.77	3.05305	.0956	.00028
36	13214.16	2.4217	.0757	.00018
37	16659.97	1.92086	.06003	.00011
38	21013.25	1.52292	.04758	.00007
39	26496.237	1.20777	.03755	.00004
40	33420.63	0.97984	.02992	.000029

сравнительная таблица
дробных и десятичных
частей дюйма.

1/64	= .015625
1/32	= .031250
3/64	= .046875
1/16	= .062500
5/64	= .078125
3/32	= .093750
7/64	= .109375
1/8	= .125000
9/64	= .140625
5/32	= .156250

11/64	= .171875
3/16	= .187500
13/64	= .203125
7/32	= .218750
15/64	= .234375
1/4	= .250000
17/64	= .265625
9/32	= .281250
19/64	= .296875
5/16	= .312500
21/64	= .328125
11/32	= .343750
23/64	= .359375
3/8	= .375000
25/64	= .390625
13/32	= .406250
27/64	= .421875
7/16	= .437500
29/64	= .453125
15/32	= .468750
31/64	= .484375
1/2	= .500000

Сравнительная таблица калибров B., S. и B. W. в десятичных долях дюйма.

Номер калибра проволоки.	Американский (B. и S.) калибр проволоки.	Бирмингемский проволочный калибр.
0000	.46	.454
000	.40964	.425
00	.3648	.38
0	.32486	.34
1	.2893	.3
2	.25763	.284
3	.22942	.259
4	.20431	.238
5	.18194	.22
6	.16202	.203

7	.14428	.18
8	.12849	.165
9	.11443	.148
10	.10189	.134
11	.090742	.12
12	.080808	.109
13	.071961	.095
14	.064084	.083
15	.057068	.072
16	.05082	.065
17	.045257	.058
18	.040303	.049
19	.03589	.042
20	.031961	.035
21	.028468	.032
22	.025347	.028
23	.022571	.025
24	.0201	.022
25	.0179	.02
26	.01594	.018
27	.014195	.016
28	.012641	.014
29	.011257	.013
30	.010025	.012
31	.008928	.01
32	.00795	.009
33	.00708	.008
34	.006304	.007
35	.005614	.005
36	.005	.004
37	.004453	
38	.003965	
39	.003531	
40	.003114	

СПИСОК ПРИБОРОВ ДЛЯ

экспериментального изучения элементарного электричества и магнетизма.

The **100** устройств в следующем списке обозначены по номерам в экспериментах, содержащихся в "Изучении элементарного электричества и магнетизма экспериментальным путем". Этот список приведен для того, чтобы дать тем, кто желает изготовить свой собственный аппарат, представление о приблизительном размере и т.д. Различных используемых изделий. Автор готовит каталог цен на товары, включенные в этот список, а также на все необходимое для изготовления простых самодельных устройств.

№ 1. Упаковка из 25 стальных швейных игл. Чтобы они подходили для экспериментов по магнетизму, они должны быть из хорошей, прочной стали и не слишком толстые.

№ 2. Плоская пробка, около 1 дюйма в диаметре и $\frac{3}{8}$ дюйма толщиной.

№3. Свеча для отжига стали.

№ 4-15. Дюжина различных отожженных железных проволок длиной от 1 до 6 дюймов . Утюг должен быть очень мягким.

№ 16. Один английский магнит в виде подковы, $2\frac{1}{2}$ дюйма в длину, лучшего качества.

№ 17. Маленькая коробочка с железными опилками из мягкого железа.

№ 18. Циркуль (рис. 5). Игла очень свободно вращается; она заключена в деревянную коробочку для таблеток, крышка которой образует подставку.

№ 19, 20. Два гвоздя из мягкой стальной проволоки длиной 2 дюйма.

№ 21, 22. Два куска пружинящей стали длиной около 3 дюймов и длиной $\frac{3}{8}$ дюйма. широкие, намагничиваемые учеником и используемые в качестве стержневых магнитов.

№ 23. Железное кольцо или шайба диаметром около $\frac{7}{8}$ дюйма.

№ 24. Просеиватель для железных опилок. Он состоит из картонной коробочки для таблеток: проткните отверстия в нижней части булавкой.

№ 25. Тонкий гибкий кусок пружинящей стали, около 3 дюймов в длину и $\frac{1}{8}$ дюймов в ширину.

№ 26, 27. Два листа эбонита (E S, рис. 34), каждый 4 дюйма. квадратные. Они сделаны со специальной поверхностью. Они намного лучше обычного гладкого эбонита.

№ 28. Один эбонитовый стержень (E R, рис. 34), $3\frac{1}{2}$ дюйма. длинный, со специальной поверхностью.

№ 29. Один эбонитовый стержень диаметром $1\frac{1}{2}$ дюйма. длинный, со специальной поверхностью, используется для поддержки изолирующего стола, № 43 (I T, рис. 32).

№ 30. Один кусок фланелевой ткани, 7 дюймов. квадратный.

№ 31. Шесть листов папиросной бумаги, каждый 4 дюйма. квадратный.

№ 32. Несколько футов белой хлопчатобумажной нити.

№ 33. Несколько футов черной шелковой нити.

№ 34. Одно опорное основание (S B, [рис. 56](#)). Он сделан из тонкого дерева, примерно 3½ дюйма на 6½ дюйма, к одному концу которого прикреплена катушка для удержания опорного стержня (№ 35).

№ 35. Один опорный стержень (S R, [рис. 56](#)) длиной 7 дюймов и 5/16 дюйма. в диаметре. Этот стержень имеет отверстие на каждом конце. Маленькое отверстие предназначено для удержания опорной проволоки (№ 36); большое отверстие предназначено для эбонитового стержня (№ 29).

№ 36. Одна опорная проволока (S W, [рис. 144](#)).

№ 37. Качели из одной проволоки (Ш/Ш, [рис. 29](#)).

№ 38. Один лист стекла, 4 дюйма. квадратный.

№ 39. Одна изогнутая шпилька для волос (Hr, [рис. 32](#)).

№ 40. Дно плоской коробки (B F B, [рис. 32](#)), 3⅝ дюйма. в диаметре.

№ 41. Верхняя часть плоской коробки (T F B, [рис. 33](#)).

№ 42. Одна крышка электрофоруса (Ec, [рис. 34](#)), 3⅝ дюйма. в диаметре. Он имеет закругленные края, а в его верхней части приклепана небольшая трубка для удержания изолирующей ручки и т. Д.

№ 43. Один изолирующий стол (I T, [рис. 32](#)). Он выполнен так же, как № 42, и поддерживается № 29.

№ 44. Один изолированный медный провод длиной 2½ фута.

№ 45. Одна резинка (справа, [рис. 33](#)).

№ 46. Шесть изогнутых проволочных зажимов (Бц, [рис. 37](#)).

№ 47. Один проводник из жестяной коробки (Тб, [рис. 42](#)). Этот цилиндрический проводник размером примерно с обычную коробку из-под разрыхлителя.

№ 48. Один штыревой разрядник для конденсатора.

№ 49. Два листа алюминиевого листа для листового электроскопа ([рис. 57](#)) и другие эксперименты.

№ 50. Один изогнутый провод (Hr, [рис. 57](#)), используемый для соединения с электроскопом leaf.

№ 51. Сухая ячейка обычного размера около 7 дюймов. в высоту и 2½ дюйма. в диаметре.

№ 52. Достаточно ртути, чтобы амальгамировать цинковые аккумуляторы. Подойдет деревянная коробочка для таблеток, вмещающая примерно половину наперстка.

№ 53. Катушка, содержащая 25 футов медного провода с изоляцией № 24 для соединений.

№ 54. Дюжина пружинных соединителей (рис. 61) для выполнения соединений. Они изготовлены из латуни с никелированным покрытием и не влияют на стрелку компаса.

№ 55. Телеграфный ключ (рис. 68) без выключателя. Металлические планки изготовлены из алюминия; они имеют длину ½ дюйма. широкие и крепятся к аккуратному деревянному основанию.

№ 56. Три металлические пластины, каждая размером примерно 2 на ¾ дюйма, на которые насаживаются пружинные соединители (№ 54) для соединения двух проводов.

№ 57. Преобразователь тока (рис. 69). Ремешки изготовлены из алюминия и крепятся к аккуратной деревянной основе.

№ 58. Гальваноскоп (рис. 72), включающий в себя карточку степени (№ 99). Картонная подставка для рулонов, C S, имеет размер 5 × 6 ¼ дюйма, а отверстие в ней - 3⅜ дюйма. в диаметре. Катушка имеет размер 4 ¼ дюйма. в диаметре изготовлен из медной проволоки с изоляцией № 24.

№ 59. Астатический гальваноскоп (рис. 77). Все это можно разобрать и отправить по почте в упаковке В размером 4 × 3 × 1 дюйм. Катушка изготовлена из провода № 31 и имеет сопротивление около 5 Ом. Пружинные соединители используются для присоединения провода к устройству путем вдавливания соединителей в трубчатые соединительные стойки L и R.

№ 60-63. Четыре полоски листового цинка размером 4 на ½ дюйма, не смешанные.

№ 64. Углеродный стержень длиной 4 дюйма (рис. 81).

№ 65, 66. Два стеклянных стакана (рис. 81).

№ 67, 68. Две полосы листовой меди размером 4 на ½ дюйма. (Рис. 85).

№ 69. Один гвоздь из оцинкованного железа.

№ 70, 71. Две деревянные поперечины (рис. 85).

№ 72. Дюжина латунных шурупов, ⅝ дюйма. длинные, размер № 5, с круглыми головками.

№ 73. Пористый стаканчик (рис. 87), который будет стоять внутри стаканов (№ 65)..

№ 74. Цинковый стержень, около ⅜ дюйма. в диаметре, как те, что используются в ячейках Лекланше.

№ 75. Листовая медная пластина для двухжидкостного элемента (С, [рис. 87](#)). Он имеет ширину 2 дюйма; он почти окружает пористую чашу и опирается на край стакана с помощью узкой полоски А, соединения с которой осуществляются пружинными соединителями (№ 54).

№ 76. Одна полоса листового железа размером 4 на ½ дюйма

№ 77, 78. Две полоски листового свинца размером 4 на ½ дюйма.

№ 79. Катушка сопротивления ([рис. 94](#)). Катушка изготовлена из медного провода с изоляцией № 24; она имеет сопротивление 2 Ом (почти) и прикреплена к картонной основе. Он устроен таким образом, что по желанию можно использовать один или два ома.

№ 80. Мост Уитстоуна ([рис. 103](#)), включая весы (№ 100). Алюминиевые ремешки (1, 2, 3) прикреплены к аккуратному деревянному основанию (10 дюймов). в длину и 2 дюйма в ширину. Для изготовления моста используется немецкая серебряная проволока № 28.

№ 81. Отрезок № 30 непокрытой проволоки из немецкого серебра длиной 2,1 метра, используемой для сопротивления ([рис. 96](#)).

№ 82. Кусок № 28 непокрытой проволоки из немецкого серебра длиной 2,1 метра.

№ 83-85. Три пластинчатые опоры, состоящие из изогнутых полос из листового алюминия (X, Y, Z, [рис. 96](#)).

№ 86. Две унции медного купороса, обычно называемого голубым камнем. Кристаллы можно хранить в большой деревянной коробочке из-под таблеток.

№ 87. Дюжина медных шайб.

№ 88. Одно правило комбинирования, длиной 1 фут, обозначено английской и метрической системами.

№ 89. Полая катушка из медного провода с изоляцией №24 ([рис. 130](#)). Катушка, на которую намотана проволока, имеет отверстие для сердечника размером пять шестнадцатых дюйма. Она загнута тонким концом вниз, чтобы проволока находилась рядом с сердечником. Катушка имеет длину около 1½ дюйма. и 1 дюйм. в диаметре. К концам катушки присоединены пружинные соединители.

№ 90. Полая катушка из медного провода с изоляцией № 25, аналогичная № 89, с прикрепленными к ее концам пружинными соединителями.

№ 91. Углеродный стержень для нанесения гальванических покрытий.

№ 92, 93. Два стержня из мягкого железа с винтами (см., [рис. 130](#)). Эти стержни имеют длину 5/16 дюйма. в диаметре и имеют резьбовое отверстие на одном конце для крепления к № 94.

№ 94. Жестяная коробка с тремя отверстиями, пробитыми в ее крышке ([рис. 132](#)). Он служит основанием, а также ярмом для двух электромагнитов А, В, показанных на плане.

№ 95. Комбинированные соединительные пластины ([рис. 132](#)). Три алюминиевые планки прикреплены к деревянному основанию. Концы их загнуты вверх, чтобы на них можно было легко надевать пружинные соединители.

№ 96. Один длинный железный стержень (слева направо, [рис. 140](#)). Он изготовлен из мягкого железа, диаметром 5/16 дюйма. и достаточно длинный, чтобы проходить через обе катушки (№ 89, 90).

№ 97. Стержневой магнит, около 4 дюймов в длину и 5/16 дюйма в диаметре.

№ 98. Катушка изолированного провода, намотанная на сердечник из мягкого железа, для использования в качестве первичной катушки в индукционных экспериментах. Эта катушка помещается внутри полых катушек (№ 89, 90).

№99. Распечатанная карточка степени для гальваноскопа (№ 58). Это напечатано на плотном картоне диаметром около 3 дюймов.

№ 100. Печатные весы для моста Уитстоуна (№ 80). Они напечатаны на плотной бумаге. Шкала имеет длину 8 дюймов и разделена на 10 больших делений, каждое из которых делится на 10 частей, таким образом, всего получается 100 частей.

Указатель.

Номера относятся к параграфам. Различные эксперименты приведены в оглавлении.

- Ряд, расположение ячеек, [365](#).
- Аккумуляторы. (См. [Ячейки для хранения](#).)
- Действие локальное, [273](#).
- Воздух, как изолятор, [144, а](#).
- Переменные токи, [443](#).
- Объединение, [257, 274](#).
- Янтарная, [107](#).
- Амперметр, [353](#).
- Ампер, [351, 357](#).
- Правило Ампера, [386](#).
- Отжиг, [6](#).
- Извещатели, [471](#).
- Анод, [373, 378](#).
- Применение электричества, [Глава I. XXVII](#).
- Дуговая лампа, [485](#).
- Расположение ячеек с [363](#) по [368](#).
- Арматура, [11, 78, 476](#).
- Астатические стрелки, [251, 253, 254](#);
- гальваноскоп, [252, 256](#).

- Атмосферное электричество, ГлаваI. XIII., 217;
- причины, 221.
- Взаимное влечение, 111;
- и отталкивание, законы магнитного поля, 29;
- электрические, законы, 121.
- Северное сияние, 223.
- Батареи, глава XV.;
- хранилище, 382.
- Звонок электрический, 468.
- Телефон Bell, 480.
- Бихроматная ячейка, 289.
- Связанная электрификация, 162, 191.
- Разбивание магнита, 51.
- Бридж, Уитстоунз, с 324 по 330.
- Щетки, 476.
- Зуммеры электрические, 468.
- Кабель, подводный, в качестве конденсатора, 182.
- Емкость индуктивная, 169;
- электрические, 176, 178.
- Углерод, передатчик, 482;
- электроскоп, 114.
- Катод, 373.
- Элемент гальванический, глава XV.;
- расположение, 363, 364, 365, 368;
- химическое действие в, 270, 271;
- направление тока в, 268;
- местные действия в, 273;
- разомкнутая и замкнутая цепь, 286;
- поляризация, 278;
- полюса, 269;
- простой, 275;
- вторичная, 382;
- одножидкостный, 275;
- двухжидкостный, 281, 285;
- различные гальванические, с 286 по 291.
- Заряд в конденсаторе, 195;
- остатки конденсаторов, 197.
- Зарядные проводники, глава. VIII.
- Химическое действие, 369.

- Химические эффекты тока, [Глава XXI](#).
- Схема электрическая, [266](#);
- разделенный, [293](#);
- короткий, [295](#).
- Принудительная сила, [44](#), [46](#).
- Катушки, [390](#);
- индукция, [473](#), [474](#);
- способ соединения, [408](#);
- полярность, [392](#);
- сопротивление, [309](#);
- простое сопротивление, [310](#).
- Коммутатор, [476](#).
- Компас, [26](#);
- наш, [32](#);
- игла, [243](#), [249](#).
- Составные магниты, [73](#).
- Конденсация электрификации, [глава X](#), [178](#).
- Конденсаторы, [178](#);
- действие, [186](#), [191](#);
- индукционная катушка, [181](#);
- подводные кабели, [182](#).
- Токопроводящий разряд, [149](#), [184](#).
- Проводники, [126](#), [129](#), [133](#);
- полый и твердый, [153](#);
- и изоляторы, соотношение между, [133](#);
- и непроводники, [312](#).
- Соединения электрические, [с226по230.....](#)
- Контактный выключатель, [Пример 195](#);
- § [466](#).
- Конвективный разряд, [149](#).
- Раствор медного купороса, [283](#).
- Сердечники электромагнитов, [397](#).
- Кулон, [354](#).
- Текущее электричество, [часть III](#).
- Ток, [144](#), [а](#), [264](#);
- детекторы, [232](#), [239](#);
- направление в ячейке, [268](#);
- прямой и чередующийся, [443](#);
- дополнительно, [444](#);

- прерыватели, [466](#);
- первичный и вторичный, [441](#);
- измерение, [352](#);
- реверсивный, [235](#), [237](#);
- сила, [Парень. XX.](#), [350](#), [358](#), с [362](#) по [365](#);
- единица измерения, [351](#).
- Дэниэлл келл, [290](#).
- Склонение, [84](#).
- Деполяризаторы, [280](#), [282](#).
- Детекторы тока, [232](#), [239](#).
- Диамагнитные тела, [15](#).
- Диэлектрик, [184](#), [191](#), [195](#).
- Диэлектрики, [166](#).
- Дип, [86](#).
- Постоянные токи, [428](#), [443](#).
- Разрядники, [188](#).
- Разряды, виды, [149](#).
- Разделенные схемы, [293](#), [323](#).
- Сухие клетки, [288](#).
- Динамо, [435](#), [476](#).
- Земной магнетизм, [83](#), [92](#), [93](#).
- Электрический, колокола, [468](#);
- перезвон, [193](#);
- схема, [266](#), [глава XVI.](#);
- ток, [144](#), [а](#), [264](#);
- плотность, [155](#);
- филд, [156](#);
- мощность в лошадиных силах, [355](#);
- освещение, [484](#);
- машины, статические, [216](#);
- двигатель, [477](#);
- поляризация, [159](#);
- сопротивление, [ГлаваI. XVIII.](#);
- ветер, [155](#).
- Электричество, статика, [Часть II.](#);
- Настоящее, [Часть III.](#);
- Приложения, [ГлаваI. XXVII.](#), [456](#);
- видов, [100](#);
- происхождение названия, [107](#);

- Атмосферный, Глава. XIII., 217.
- Электрификация, глава VI., 103, 116, 132, 134;
- и тепло, 104;
- конденсация, Глава X.;
- побег из, 155;
- свободные и связанные, 162;
- вызванный, Глава. IX.;
- видов, 120;
- земли, 222;
- источник в клетках, 265;
- теории о, 145;
- два вида, 120, 211.
- Электрика и неэлектричество, 134.
- Наэлектризованные тела, 102, 107.
- Электроды, 269.
- Электромагнетизм, ГлаваI. XXII., 383.
- Электромагниты, ГлаваI. XXIII., 396;
- ядра, 397;
- подкова, 405.
- Электродвижущая сила, 144, главаI. XVII., 296, 300, 303;
- измерение, Пример 140;
- поляризации, 373, 382;
- серия, 301;
- единица измерения, 297.
- Электрофорус, 138;
- действие, 171, 172;
- наш, 139.
- Электролиз, 370.
- Электролит, 370.
- Гальваника, 376, 378.
- Электроскоп, действие, 206, 208;
- углерод, 114;
- пробивной мяч, 200;
- наш лист, 201, 202.
- Электроскопы, Глава XI.
- Электротипирование, 379.
- Экватор магнита, 13.
- Точки равнопотенциала, 326.
- Внешнее сопротивление, 307, 368.

- Дополнительный ток, 444;
- Пример 199.
- Поле электрическое, 156;
- магнитный, Глава IV., 62, 80;
- магниты, 476.
- Цифры магнитные, 64;
- постоянный, 417.
- Сила, 103;
- магнитные линии, 64, 73, 80, 156;
- линий электропередачи, 156;
- строки о проволоке, 385.
- Франклин, Бенджамин, 218.
- Бесплатная электрификация, 162.
- Электричество трения, часть II.
- Молниеносные стекла, 180.
- Гальванические элементы, глава XV., 265;
- химическое действие в, 270;
- различные виды, с 286 по 291.
- Гальваноскоп, с 240 по 249.
- Стекло в качестве изолятора, 136.
- Электроскоп с позолотой, 200, 209.
- Гравитационная ячейка, 291.
- Закаленная сталь, 8, 10.
- Воздействие тепла на сопротивление, 343;
- воздействие на магнит, 49.
- Мощность в лошадиных силах, электрическая, 355.
- Подковообразный магнит, 11;
- преимущества, 82;
- электромагниты, 405.
- Водород, 260, 262, 271, 278, 279, 373.
- Наклон иглы, 86.
- Индуцированные токи, глава XXV.;
- и работа, 429;
- и силовые линии, 432, 435, 438;
- направление, 439.
- Индуцированный магнетизм, Глава. III.
- Индукционные катушки, 473;
- действие, 474;
- конденсаторы из, 181;

- с телефоном, 483.
- Индукционный, электромагнитный, 426;
- законы, 440;
- статика, теория, 159;
- последовательный, 168.
- Индуктивная емкость, 169.
- Изоляторы, Глава VII., 125.
- Внутреннее сопротивление, 307, 314, 358, 362, 368.
- Чугун и сталь, Глава I.
- Железо, упрочняющие свойства,
- Пример 4;
- примеси, 1;
- виды, 2;
- мягкий, 10.
- Яр, Лейден, 179.
- Ключ, 233, 234.
- Лампа дуговая, 485;
- лампа накаливания, 486.
- Законы электрификации, 121;
- индукции, 440;
- о магнетизме, 29;
- о сопротивлении, 349.
- Ячейка Лекланше, 287.
- Leyden jar, 179.
- Освещение, 484, 485, 486.
- Молния, 144, а; 218;
- стержни, 220.
- Силовые линии, около проволоки, 385, 388;
- электрическая, 156;
- и индуцированные токи, 432, 438;
- магнитная, 64, 73, 74,80, 156;
- устойчивость к, 78, 397.
- Местные действия, 273.
- Местные течения, 273.
- Магнитный камень, 93.
- Магнитные, тела, 15;
- замкнутые цепи, 420;
- филд, 62, 80;
- цифры, постоянные, 417;

- рисунки, [64](#), [Примеры 161](#), [162](#), [Примеры с 168 171](#);
- силовые линии [64](#), [80](#), [156](#);;
- индукция земли, [92](#);
- игла, [26](#);
- иглы балансировочные, [88](#);
- игла, погруженная в, [86](#);
- проблемы, [33](#);
- насыщенность, [42](#);
- экранов, [18](#);
- галочка, [Пример 160](#);
- прозрачность, [18](#).
- Магнетизм, [Часть I.](#);
- вызванный, [Глава I. III.](#), [53](#);
- остаточный, [44](#), [53](#);
- временная, [53](#);
- земная, [глава V.](#);
- теория, [42](#);
- земли, [83](#);
- законы, [29](#).
- Магниты, стержень, [21](#);
- соединение, [73](#);
- эффект разрушения, [51](#);
- экватор, [13](#), [51](#);
- экспериментальная, [407](#);
- видов, [11](#);
- натуральный, [93](#);
- полюсы, [13](#), [25](#);
- практическое применение, [16](#).
- Меркурий, [274](#).
- Ходатайство, постановка [Главы XXVI.](#), [445](#), [452](#), [455](#).
- Двигатели электрические, [477](#).
- Взаимное влечение, [111](#).
- Природные магниты, [93](#).
- Игла астатическая, [251](#), [253](#), [254](#);
- магнитная, [26](#), [32](#).
- Отрицательная электризация, [120](#).
- Нейтральные тела, [102](#).
- Непроводники, [312](#).
- неэлектрика, [134](#).

- Полюсы в поисках Севера, 25.
- Ом, 308.
- Закон Ома, 356.
- Теория одной жидкости, 145.
- Разомкнутые и замкнутые цепи, 266;
- ячейки, 286.
- Кислород, 372, 373, 382.
- Эффект Пельтье, 424.
- Пробковый электроскоп, 200.
- Пластины или элементы, 267.
- Поляризация клеток, 278;
- последствия, 279;
- электрическая, 159, 164;
- электродвижущая сила, 373;
- магнитная, 56;
- средства правовой защиты от, 280.
- Поляки, 13, 25, 64, 92;
- следствие, 39;
- рулонов, 392;
- электродов, 269;
- отмена, 35;
- правило для, 31.
- Шесты, 56.
- Положительная электрификация, 120.
- Потенциал, 133, 144;
- энергия, 103.
- Первичный ток, 441.
- Плоскость доказательства, 209.
- Количество, единица измерения, 354.
- Диктофон, Пример 197.
- ретранслятор, телеграф, 462.
- Отталкивание, законы электростатики, 121;
- законы магнитного поля, 29.
- Остаточный заряд в конденсаторе, 197;
- магнетизм, 44;
- магнетизм сердечника, Пример 159.
- Сопротивление, катушки, 309;
- воздействие тепла на, 343;
- электротехника, Глава. XVIII., 305, 319, 321;

- внешний и внутренний, 307, 362, 368;
- внутренний, 314, 358;
- законы, 349;
- к силовым линиям, 78;
- измерение, Глава XIX.;
- единица измерения, 308.
- Удерживающая способность, 44, 46.
- Реверсор тока, 235, 237.
- Реостат простой, 344.
- Насыщенность, магнитная, 42.
- Вторичные ячейки, 382;
- текущий, 441.
- Самоиндукция, 444.
- Последовательное расположение ячеек, 364.
- Потрясения, 188.
- Короткие замыкания, 295.
- Шунты, 293.
- Шелк в качестве утеплителя, 136.
- Ячейка с одной жидкостью, 275.
- Телеграфный аппарат с одной иглой, Опыт. 194.
- Эхолот, телеграф, 458.
- Искра, 144, а.
- Статическое электричество, Часть II.
- Статические электрические машины, 216.
- Стил, Глава I.;
- виды, 2;
- магнетизм, 42, 46, 49.
- Огонь Святого Эльма, 222.
- Ячейки для хранения, 382.
- Последовательный, индукционный, 168;
- конденсация, 199.
- Серная кислота, 258, 262, 314.
- Касательный гальванометр, 352.
- Телеграф, линия, 459, 460;
- реле, 462;
- инструмент с одной иглой, Опыт. 194;
- эхолот, 458;
- помехи, 130.
- Телефон, 479;

- Белл, [480](#);
- датчик выбросов углерода, [482](#);
- с индукционными катушками, [483](#);
- приемник, [481](#).
- Сталь для закалки, [8](#).
- Временный магнетизм, [53](#).
- Земной магнетизм, [Глава V](#).
- Термоэлектричество, [Глава I. XXIV.](#), [423](#).
- Термоэлемент, [425](#);
- домашнее, [421](#).
- Гром, [219](#).
- Трансформеры, [475](#).
- Передатчики, [480](#), [482](#).
- Двухжидкостная ячейка, [280](#), [281](#);
- забота о, [282](#);
- химическое действие в, [285](#).
- Двухжидкостная теория электрификации, [146](#).
- Единица измерения силы тока, [351](#);
- Э. М. Ф., [297](#);
- власти, [355](#);
- количество, [354](#);
- сопротивление, [308](#).
- Отклонение, угол, [84](#).
- Разновидности электричества, [100](#).
- Вольт, [297](#).
- Вольтметры, [297](#), [353](#), [380](#).
- Вода, состав, [372](#).
- Ватт, [355](#).
- Мост Уитстоуна, с [324](#) по [330](#).
- Ветровой, электрический, [155](#).
- Проволочные таблицы, [глава. XXVIII](#).
- Коромысло, использование, [406](#).
- Ноль, потенциал, [144](#), [а](#).
- Цинк, химическое действие с, [271](#);
- с рекламой, [273](#).
- Цинковые пластины, причины объединения, [274](#).

Примечания.

Примечания.



ТОМАС М. СЕНТ-Джон, метрдотель

Несколько слов для родителей об играх и развивающих развлечениях.

Систематическая игра так же важна, как и систематическая работа. Лучшие игры и домашние развлечения так же ценны для ребенка, как и учеба в школе; на самом деле, они выявляют и стимулируют в ребенке качества, на которые не способно никакое школьное обучение. Увлекательные домашние развлечения так же необходимы, как школьные учебники.

Мальчикам и девочкам нравится быть занятыми. К их развлечениям следует относиться с таким же энтузиазмом, выбирать их так же тщательно и покупать так же охотно, как школьные учебники.

Игры.—Джинго и Хастлболл - хорошие игры.

- Они интересны и полны действия.
- Они пробуждают в ребенке здравый смысл.
- Они развивают в себе способность быстро мыслить, правильно судить и быстро принимать решения.
- Они тренируют глаз и руку одновременно.

- Они очень просты, и в них можно играть сразу.

Образовательные развлечения.—Электричество и магнетизм вызывают особое восхищение, что делает эти предметы привлекательными для каждого мальчика и девочки.

Нет ничего лучше, чем изучение естественных наук, чтобы научить детей наблюдать и видеть то, на что они смотрят; кроме того, экспериментировать *весело*. "Забавы с электричеством" и "Забавы с магнетизмом" - образовательные развлечения. Они содержат увлекательные эксперименты и систематизированы.

Работа подростка в электричестве.

От инженера-электрика, 19 мая 1898 г.

Позиция, которую молодая Америка сейчас занимает в электрическом и магнитном поле, очень ясно показана на выставке электротехники, которая сейчас проводится в Мэдисон-сквер-Гарден, на выставке простых экспериментальных устройств, изготовленных мальчиками из школы Браунинга в этом городе.

Представленные модели охватывают все виды устройств, которые дороги сердцу мальчика, и все же во всей линейке, от кнопок до моторов, поражает чрезвычайная простота конструкции и изобретательное использование старых жестяных банок из-под помидоров, коробок из-под крекеров, болтов, шурупов, проволоки и дерева, которое мальчик может достать из коробки из-под мыла.

Устройство, представленное на этой выставке, было изготовлено мальчиками 13, 14 и 15 лет по эскизам мистера Томаса М. Сент-Джона из школы Браунинга. Это ясно показывает, что хороший, практичный аппарат может быть изготовлен обычным мальчиком из дешевых материалов. Вся экспозиция подключена и находится в рабочем состоянии, и это привлекает внимание большого количества родителей и мальчиков, которые слоняются вокруг, чтобы увидеть в действии телеграфные приборы, зуммеры, электрошоковые катушки, датчики тока, двигатели и т.д.

Мистер Сент-Джон заслуживает благодарности каждого мальчика, который хочет построить свой собственный электрический аппарат для развлечения или в экспериментальных целях, поскольку он чрезвычайно упростил конструкцию и постоянно помнил о том факте, что у обычного мальчика ограниченный запас карманных денег и не менее ограниченный запас инструментов.

Как Два мальчика Сами смастерили Электрический аппарат.

СОДЕРЖАНИЕ: Глава I. Элементы и батарейки.—II. Жидкости и растворы для аккумуляторов.—III. Разное устройство и методы изготовления.—IV. Переключатели и вырезы.—V. Крепежные элементы и соединители.—VI. Постоянные магниты.—VII. Магнитные стрелки и компасы.—VIII. Хомуты и якоря.—IX. Электромагниты.—X. Устройство для намотки проволоки.—XI. Индукционные катушки и приспособления к ним.—XII. Контактные выключатели и устройства для отключения

тока.—XIII. Датчики тока и гальванометры.—XIV. Телеграфные ключи и эхолоты.—XV. Электрические звонки и зуммеры.—XVI. Коллекторы и реверсоры тока.—XVII. Катушки сопротивления.—XVIII. Устройство для получения статического электричества.—XIX. Электродвигатели.—XX. Всякая всячина.—XXI. Инструменты и материалы.

"Автор этой книги - учитель и писатель большой изобретательности, и мы предполагаем, что эффект от попадания такой книги в руки подростков должен быть в высшей степени стимулирующим и благотворным. Он полон подробных деталей и инструкций в отношении самого разнообразного оборудования, а все необходимые материалы находятся в пределах очень скромных карманных денег. Более того, она систематична и полностью лишена риторических изысков, так что ученик может продолжать, не отвлекаясь от хорошей полезной работы, которая приведет его к созданию полезного аппарата и поможет ему понять, о чем он говорит. Рисунки простые и превосходные. Мы от всей души хвалим книгу". —*Инженер-электрик.*

"Те, кто посетил выставку электротехники в мае прошлого года, не могли не заметить в южной галерее очень интересную экспозицию, состоящую из электрических устройств, сделанных мальчиками. Различные устройства, показанные там, включая электромагниты, телеграфные ключи и эхолоты, катушки сопротивления и т.д., были изготовлены мальчиками в соответствии с инструкциями, приведенными в книге с вышеприведенным названием, которая, несомненно, является одной из самых практичных небольших работ, когда-либо написанных на подобные темы, поскольку при ограниченном объеме знаний в области механики и точном следовании приведенным инструкциям можно изготовить практически любое электрическое устройство с очень небольшими затратами. О том, что такая книга восполняет давнюю потребность, можно судить по количеству запросов, которые мы постоянно получаем от людей, желающих изготовить свои собственные индукционные катушки и другие приборы". —*Электричество.*

"На выставке электротехники в Нью-Йорке в мае прошлого года одним из самых интересных экспонатов было простое электрическое устройство, сделанное мальчиками в одной из частных школ города. Это приспособление, сделанное мальчиками тринадцати-пятнадцати лет, было по эскизам автора этой умной книжечки, и было удивительно видеть, как изобретательно использовались старые жестяные банки из-под помидоров, коробки из-под крекеров, болты, шурупы, проволока и дерево. Из этих простых материалов были изготовлены телеграфные приборы, катушки, зуммеры, датчики тока, двигатели, переключатели, якоря и почти бесконечное разнообразие аппаратуры. В своей книге мистер Сент-Джон простым языком дал указания по изготовлению и использованию этих устройств и проиллюстрировал эти указания замечательными диаграммами и разрезами. Этот небольшой томик уникален и окажется чрезвычайно полезным для тех наших юных читателей, которым посчастливится заполучить такой экземпляр. Для школ, где преподается курс элементарных наук, лучшего учебника по первым шагам в электричестве не найти". —*Большой круглый мир.*

Выставка экспериментального электрического оборудования

На ВЫСТАВКЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ В МЭДИСОН-СКВЕР-ГАРДЕН, НЬЮ-ЙОРК.

Хотя на этой выставке было представлено всего 40 простых устройств, они дали посетителям некоторое представление о том, что могут сделать маленькие мальчики, если их правильно сконструировать.



"КАК ДВА МАЛЬЧИКА САМИ СМАСТЕРИЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИБОР"

Содержит соответствующие проекты — проекты более 150 предметов.

Только что опубликовано.

Как Два мальчика Сами сделали свой электрический аппарат.

Содержит полные инструкции по изготовлению всех видов простых электрических устройств для изучения элементарного электричества. Автор: профессор Томас М. Сент-Джон, Нью-Йорк.

Книга размером 5 × 7½ дюйма в красивом тканевом переплете. В ней 141 страница и 125 иллюстраций. Даны подробные инструкции по изготовлению 152 различных устройств для практического использования студентами, преподавателями и другими лицами, желающими поэкспериментировать.

ЦЕНА С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОПЛАТОЙ- \$1,00.

Электрошоковые катушки, телеграфные приборы, батарейки, электромагниты, моторы и т.д. и т.п. Настолько просты по конструкции, что их может изготовить любой мальчик средних способностей; фактически, иллюстрации сделаны непосредственно из устройств, сконструированных маленькими мальчиками.

Автор работал в этом направлении несколько лет, и ему удалось, с помощью мальчиков, разработать целую линейку простых электрических устройств.

УСТРОЙСТВО ПРОСТОЕ, потому что дизайн и методы изготовления были разработаны практически в школьном классе, абсолютно не требуя машинной работы.

УСТРОЙСТВО ПРАКТИЧНО, поскольку оно было разработано для реального использования при экспериментальном изучении элементарного электричества.

УСТРОЙСТВО ДЕШЕВОЕ, потому что большинство деталей можно изготовить из старых жестяных банок и коробок из-под крекеров, болтов, шурупов, проволоки и дерева.

Адрес: ТОМАС М. СЕНТ-Джон,
Западная 51-я улица, 407,
Нью-Йорк.

Забавы с магнетизмом.

ЗАКАЖИТЕ И КОМПЛЕКТУЙТЕ СНАРЯЖЕНИЕ ДЛЯ ШЕСТИДЕСЯТИ ОДНОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА По МАГНЕТИЗМУ



Детям нравится проводить эксперименты; и таким способом, лучше, чем каким-либо другим, можно получить практические знания об элементах магнетизма.

Эти эксперименты, хотя и были организованы для развлечения мальчиков и девочек, оказались очень полезными в классной комнате в дополнение к обычным упражнениям, приведенным в учебниках естествознания.

Чтобы обеспечить наилучшее качество устройства, магниты в виде подковы были изготовлены в Шеффилде, Англия, специально для этих наборов. Они новые и прочные. Другие

части аппарата также были отобраны и изготовлены с особой тщательностью, чтобы приспособить их именно к этим экспериментам.—*Из предисловия автора.*

СОДЕРЖАНИЕ.—Эксперименты с подковообразным магнитом.—Эксперименты с намагниченными иглами.—Эксперименты с иглами, пробками, проволокой, гвоздями и т.д.—Эксперименты с стержневыми магнитами.—Эксперименты с плавающими магнитами.—Разные эксперименты.—Разные иллюстрации, показывающие, что очень маленькие дети могут делать с Аппаратом.—Диаграммы, показывающие, как маленькие дети могут использовать намагниченные иглы для создания сотен красивых рисунков на бумаге.

ЗАБАВНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ.— Попробовать что-нибудь для нервных людей.—Комар из Джерси.—Паническое бегство.—Беглянка.—Собачья драка.—Вертушка.—Морское сражение.—Связка рыб.—Магнитная пушка.—Перевернутая вверх дном.—Магнитная ветряная мельница.—Компас перевернутый вниз.—Магнитный акробат.—Оживленный муравейник.—Магнитный мост.—Карусель.—Канатоходец.—Магнитный двигатель, Использующий Притяжение и Отталкивание.

Книга и полное снаряжение будут отправлены с оплатой по почте, после получения 35 центов, по почте

ТОМАС М. СЕНТ-Джон, 407 W. 51st St., Нью-Йорк.

Несколько бесцеремонных заявлений

которые были сделаны по поводу "Забавы с магнетизмом" и "Забавы с электричеством" в письмах-запросах автору. (Эти заявления были абсолютно непрошеными.)

"Моему маленькому мальчику понравились ваши "Забавы с магнетизмом", и он так наслаждается ими, что, если "Забавы с электричеством" готовы, я хотел бы устроить их для него. Пожалуйста, дайте мне знать" и т.д.

"Мне было очень весело с "Забавой с магнетизмом".

"Мой мальчик "Развлекается с магнетизмом", ему это очень понравилось, и он хотел бы другого. А ты будешь" и т.д.

"Пожалуйста, дайте мне знать, когда "Забавы с электричеством" появятся на рынке, потому что, если они будут такими же хорошими, как это, я обязательно их захочу".

"Я только что получил "Забаву с магнетизмом" и в восторге от нее. Пожалуйста, пришлите мне 12 комплектов" и т.д.

"У меня есть "Забавы с магнетизмом" и "Забавы с электричеством", и они мне очень понравились. Пожалуйста, пришлите" и т.д.

"Я очень доволен "Забавами с электричеством" и хотел бы иметь" и т.д.

"Забавы с электричеством" прекрасны, и я получил от этого массу удовольствия. Пожалуйста, пришлите" и т.д.

"Поэкспериментировав с обоими вашими приборами "Забавы с магнетизмом" и "Забавы с электричеством" и найдя их забавными и поучительными, я хотел бы спросить" и т.д.

"Я купила ваши наряды "Забавы с электричеством" и "Забавы с магнетизмом", и хотя они предназначены для развлечения, я нахожу их большим подспорьем в моей учебе. Будьте добры" и т.д.

"У меня есть один из ваших нарядов "Забавы с электричеством", и он мне очень нравится, потому что некоторые эксперименты были очень удивительными. Будьте добры" и т.д.

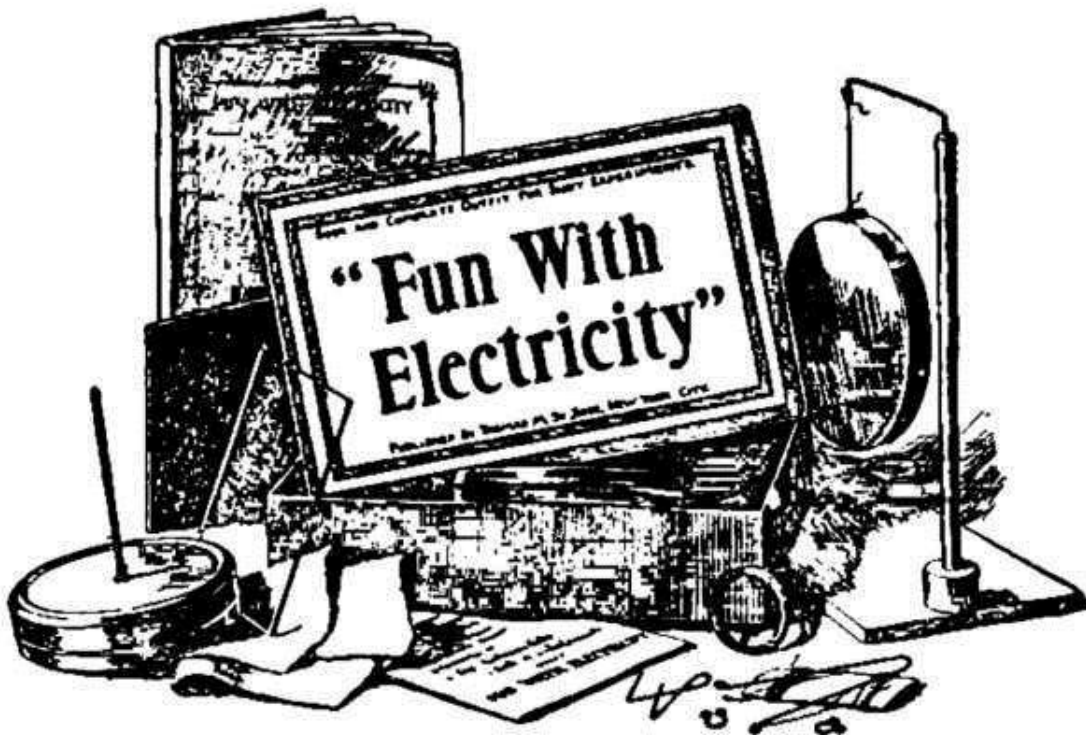
"Мне очень понравились "Забавы с магнетизмом" и "Забавы с электричеством"".

"У моего маленького мальчика есть ваша книга "Забавы с электричеством", которая его очень позабавила. Он хотел бы ее иметь" и т.д.

"Я очень довольна обоими нарядами. Я очень люблю такие вещи для мальчиков; это позволяет им занять себя чем-то одновременно забавным и поучительным. Пришли меня" и т.д.

Забавы с электричеством.

**ЗАКАЖИТЕ И КОМПЛЕКТУЙТЕ СНАРЯЖЕНИЕ ДЛЯ ШЕСТИДЕСЯТИ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ По ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ**



Приведено достаточно принципов электричества, чтобы сделать книгу не только забавной, но и поучительной. Эксперименты систематизированы и представляют собой увлекательный научный курс. Никаких химикатов, никакой опасности.

Книга разговорная и совсем не "школьная", поскольку Гарри и Нед - два мальчика, которые проводят эксперименты и обсуждают результаты по ходу дела.

"Книга читается как рассказ". — "Подходящий подарок для мальчика или девочки". —

"Интеллигентные родители оценят "Забавы с электричеством". — "Очень полная, потому что в ней есть и книга, и аппарат". — "Нет конца удовольствию, которое мальчик или девочка могут получить от этого увлекательного развлечения".

В ЭТИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ ЕСТЬ ЧТО—ТО ЗАБАВНОЕ.—Цепная молния.—Электрическая карусель.—Маленькая гроза.—Гонки с электричеством.—Пруд с электрическими лягушками.—Электрический Динь-дон.—Волшебный палец.—Длинноногий папочка.—Прыгающая Салли.—Электрический воздушный змей.—Очень шокирующе.—Конденсированная молния.—Электрическая ловушка для мух.—Веселый маятник.—Электрический паром.—Забавный листок бумаги.—Шутка над домашним котом.—Электричество играет в чехарду.—Молния пролетает над мостом.—Электричество несет фонарь.—И **40 Других**.

The **OUTFIT** состоит из 20 различных предметов. **УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ** размером 5 × 7 с половиной дюймов содержит 38 иллюстраций, 55 страниц, качественную бумагу и четкий шрифт.

Книга и комплект снаряжения будут отправлены по почте или экспресс-почтой с предоплатой в размере 65 центов при получении по почте

ТОМАС М. СЕНТ-Джон, 407 W. 51st St., Нью-Йорк.

Развлекайтесь с головоломками.

ЗАКАЖИТЕ, ПОЛУЧИТЕ КЛЮЧИ И КОМПЛЕКТНУЮ ЭКИПИРОВКУ ДЛЯ ЧЕТЫРЕХСОТ ГОЛОВОЛОМОК

Размер книги 5 × 7 с половиной дюймов. Она хорошо напечатана, в красивом переплете и содержит 15 глав, 80 страниц и 128 иллюстраций. КЛЮЧ проиллюстрирован. Он переплетен вместе с книгой и содержит решение каждой головоломки. ПОЛНЫЙ КОМПЛЕКТ ОДЕЖДЫ помещен в аккуратную коробку вместе с книгой. Он состоит из цифр, жетонов, фигурок, картинок и т.д. Для решения головоломок.

СОДЕРЖАНИЕ: Глава (1) Тайнопись. (2) Волшебные треугольники, квадраты, прямоугольники, шестиугольники, кресты, круги и т.д. (3) Головоломки с выпавшими буквами и выпавшими словами. (4) Смешанные пословицы, проза и рифмы. (5) Словесные ромбы, квадраты, треугольники и ромбоиды. (6) Числовые загадки. (7) Перепутанные письма и магические пословицы. (8) Расчлененные головоломки. (9) Скрытые слова. (10) Разделенные торты, пироги,

сады, фермы и т.д. (11) Пазлы на велосипедах и лодках. (12) Различные пазлы на слова и буквы. (13) Пазлы со счетчиками. (14) Комбинированные пазлы. (15) Лабиринты.

"Забавы с головоломками" - это книга, которую должен иметь каждый мальчик и девочка. Она забавная, поучительная, познавательная. Это как раз то, что может разбудить мальчиков и девочек и заставить их задуматься. Им это нравится, потому что это по-настоящему весело. Такого рода обучающие игры должны проводиться в каждой школе и в каждом доме.

"Забава с головоломками" озадачит не только вас самих, но и ваших друзей; в ней собраны настоящие головоломки. Дается более 300 новых и оригинальных головоломок, помимо многих, которым сотни лет.

Тайнопись. Среди многих вещей, которые содержит "F. W. P.", есть ключ к *тайнописи*. Это показывает вам очень простой способ писать письма своим друзьям, и другие просто не смогут прочесть то, что вы написали, если они не знают секрета. Само по себе это ценная вещь для любого мальчика или девочки, которые хотят немного повеселиться.

Книга, ключ и полное снаряжение будут отправлены с постоплатой в размере 35 центов по почте

ТОМАС М. СЕНТ-Джон, 407 West 51st St., Нью-Йорк.

Забавы с мыльными пузырями.

ЗАКАЖИТЕ И ДОПОЛНИТЕ НАРЯД ДЛЯ МЫЛЬНЫХ ПУЗЫРЕЙ И ФИЛЬМОВ



В НАБОРЕ есть все необходимое для изготовления тысяч красивых пузырьков и пленок. Следует тщательно избегать всех изделий с яркими красками, так как дешевые краски и красители положительно опасны для детского рта. Наряд содержит следующие предметы:

Одна книга инструкций под названием "Забавы с мыльными пузырями", 1 Металлическая основа для подставки для мыльных пузырей, 1 деревянный стержень для подставки для мыльных пузырей, 8 больших проволоочных колец для подставки для мыльных пузырей, 1 маленькое проволоочное кольцо, 3 соломинки, 1 упаковка готового мыла, 1 трубка для мыльных пузырей, 1 водонепроницаемый рожок для мыльных пузырей. Полный комплект помещается в аккуратную коробку вместе с книгой. (Дополнительные рожки, мыло и т.д. Предоставляются за небольшую плату.)

СОДЕРЖАНИЕ КНИГИ.—Двадцать одна иллюстрация.—Введение.—Цвета мыльных пузырей.—Наряд.-Смесь мыла.—Полезные советы.—Пузыри, выдуваемые трубками.—Пузыри, выдуваемые соломинками.—Пузыри, выдуваемые рожком.—Плавающие пузыри.—Детские пузыри.—Дымовые пузыри.—Потрясающие пузыри.—Танцующие пузыри.—Игры с пузырями.—Поддерживаемые пузыри.—Кластер пузырей.—Подвешенные пузыри.—Дымоход для пузырьковой лампы.—Пузырьковые линзы.—Корзина для пузырей.—Пузырьковые мехи.—Чтобы протянуть пузырь через кольцо.—Желудь с пузырьками.—Бутылка с пузырьками.—Пузырь внутри пузыря.—Другой способ.—Тень от пузырьков.—Гамак с пузырьками.—Борцовские пузыри.—Дымящиеся пузыри.—Мыльные пленки.—Пленка для теннисной ракетки.—Пленка для ловли рыбы.—Пленка в форме лотка.—Пленка для лука и стрел.—Пузырьковый купол.—Двойной пузырьковый купол.—Пирамидальные пузыри.—Черепашьи пузыри.—Мыльные пузыри и электричество трения.

"Нет ничего прекраснее воздушного сказочного мыльного пузыря с его постоянно меняющимися цветами".

ЛУЧШЕЕ ИЗ ВОЗМОЖНЫХ РАЗВЛЕЧЕНИЙ ДЛЯ СТАРЫХ И МОЛОДЫХ.

Книга и комплект снаряжения будут отправлены с ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОПЛАТОЙ после получения 35 центов по почте

ТОМАС М. СЕНТ-Джон, 407 West 51st St., Нью-Йорк.

Что Мальчик должен знать об электричестве.

(Готовится.)

В этой книге простым и понятного языка объясняется многое об электричестве; то, чем американский мальчик очень интересуется; то, что он хочет знать; то, что он должен знать.

Он свободен от технических формулировок и риторических изысков, но в нем рассказывается, как все работает и почему они работают.

Он до краев полон иллюстраций — лучших, какие только могут быть, — иллюстраций, взятых непосредственно из приборов и механизмов и показывающих то, для чего они предназначены.

Эта книга не содержит экспериментов и не рассказывает, как создавать приборы; это делается в других наших книгах. После объяснения простых принципов электричества показано, как эти принципы используются и комбинируются, чтобы заставить электричество выполнять повседневную работу. Ниже

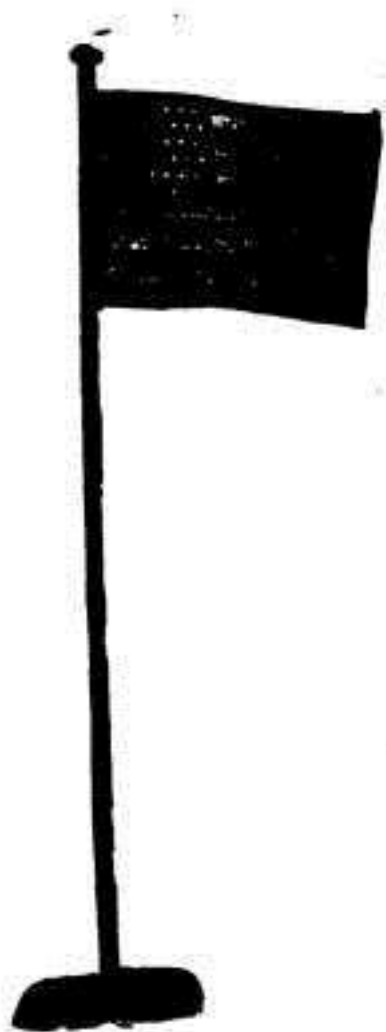
Некоторые из вещей, которые может делать электричество:

- Он подает сигналы без проводов.
- Он сверлит породу, уголь и зубья.
- Он лечит болезни и убивает преступников.
- Он защищает, обогревает и вентилирует дома.
- На нем изображены кости человеческого тела.
- Он звонит в церковные колокола и играет на церковных органах.
- Он освещает улицы, машины, лодки, шахты, дома и т.д.
- Он перекачивает воду, готовит пищу и обмахивает вас вентилятором во время еды.
- Он управляет всеми видами оборудования, лифтами, автомобилями, лодками и фургонами.
- Он отправляет сообщения с помощью телеграфа, телефона, телеавтографа и прожектора.
- Он режет ткани, гладит одежду, моет посуду, чернит ботинки, сваривает металлы, печатает книги и т.д., и т.п.

Каждый должен знать об электричестве.

То, что мальчик должен знать об электричестве, заинтересует вас. Мы будем рады выслать вам полную информацию, как только она будет готова. Отправьте нам свой адрес сейчас.

Флагштоки Дьюи



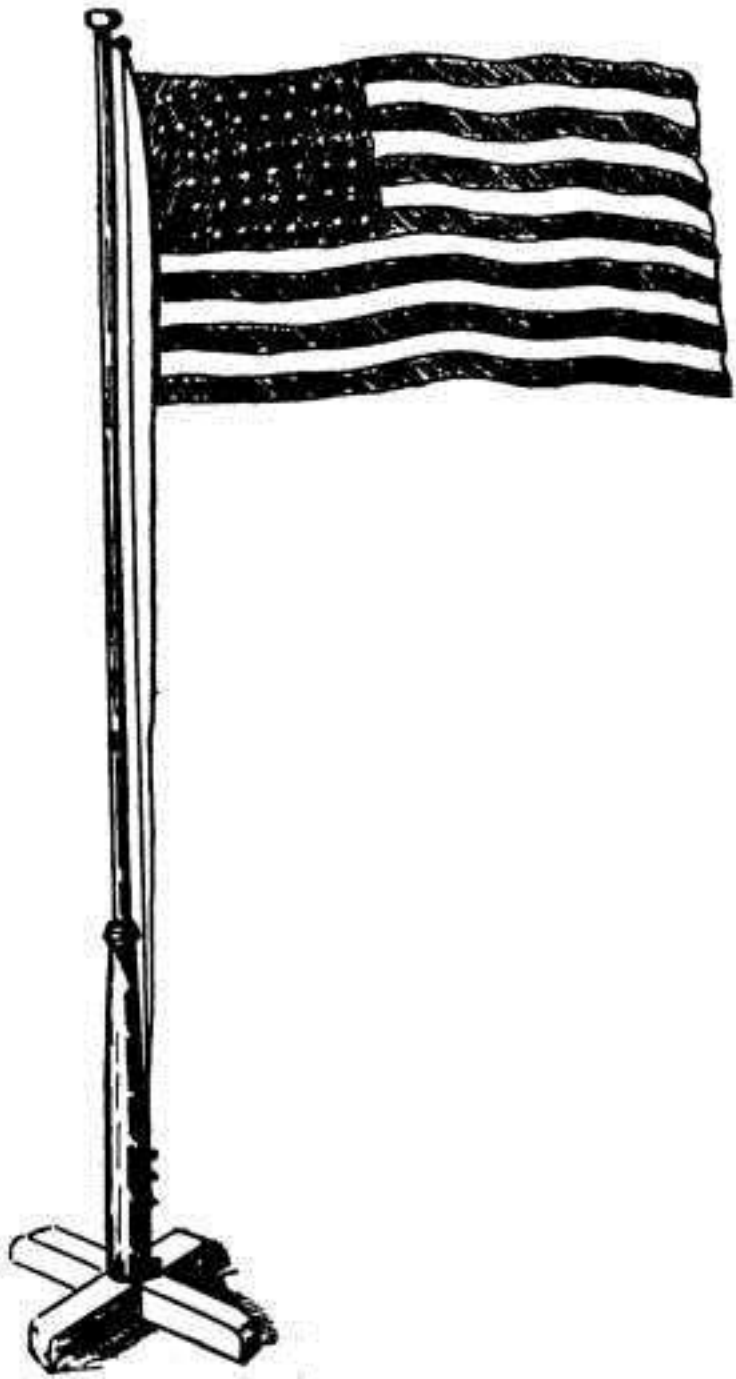
ЭТО МАЛЕНЬКИЕ МОДЕЛИ НАСТОЯЩИХ ФЛАГШТОКОВ

Они уместны для любого случая и подходят для любого вида украшения. Они должны стоять на столах, каминных полках, пианино и т.д.; На самом деле, нет лучшего украшения для общего пользования.

"Они должны быть в каждом доме и в каждой школьной комнате в Соединенных Штатах".

"Ни один игрушечный форт не обходится без флагштока Дьюи".

"Дети могут повесить их на подоконник и часами наблюдать, как они порхают".



"Они поднимаются, как большие флаги, приспущенные и т.д."

"Бесценен для украшения витрин магазинов".

ЦЕНЫ

- Маленький размер: высота 18 дюймов, с шелковым флагом Соединенных Штатов или Кубы (4 × 6 дюймов), оплачивается по почте, 30 центов.

- Большой размер: высота 24 дюйма, с шелковым флагом Соединенных Штатов (7 × 10 дюймов), оплачивается по почте, 40с.
 - Большой размер: с кубинским или британским шелковым флагом (8 × 12 дюймов), оплачивается по почте, 50 центов.
-

ФЛАГШТОКИ DEWEY прекрасно сделаны из твердых пород дерева и украшены лучшими шелковыми флагами.

Игры.

Хастл=Мяч.

Быстрая, острая, решающая игра, которая насквозь американская.

Играют с помощью Волшебных палочек и полированных стальных шариков.

Требуется: *"Быстрый глаз и ловкая рука".—Шекспир.*

Правило: просто сохраняй хладнокровие — и суетись.

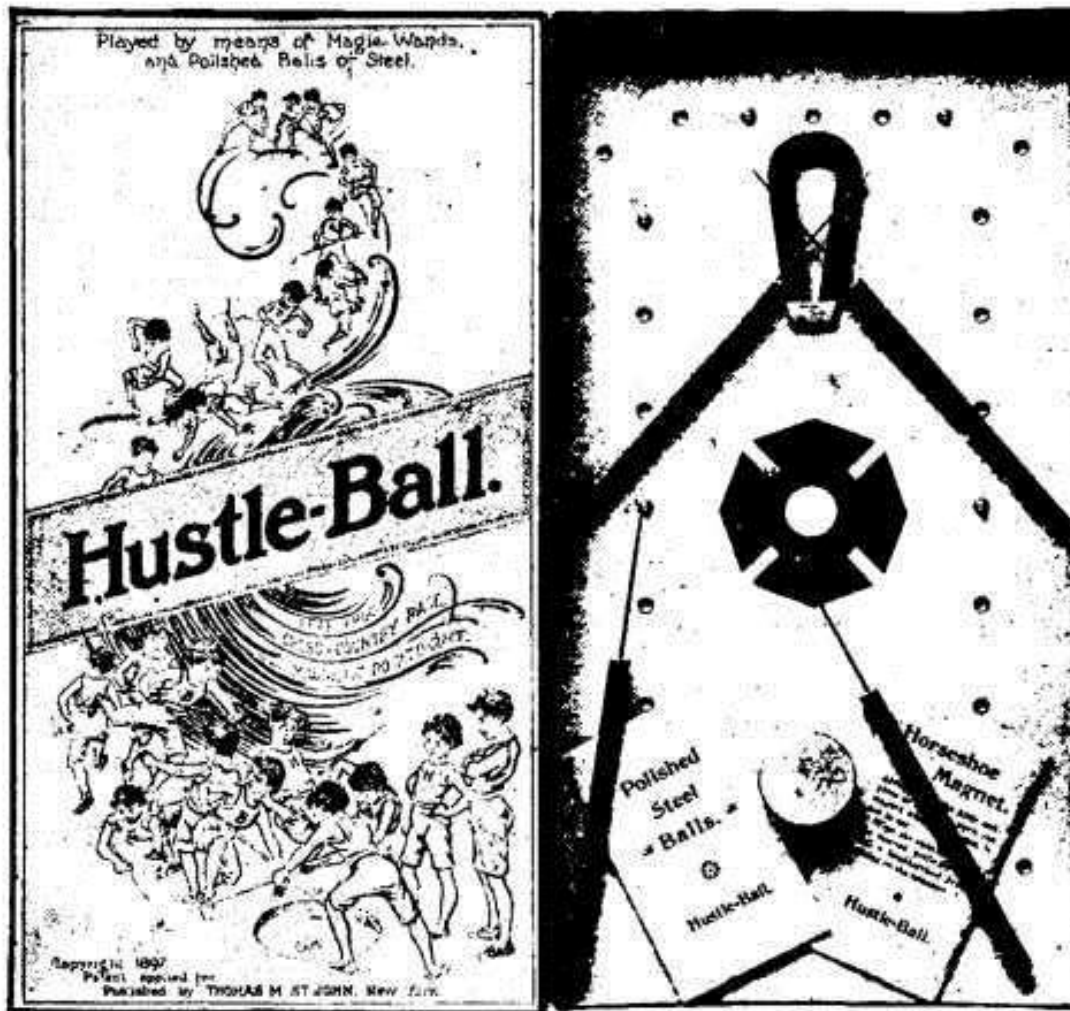
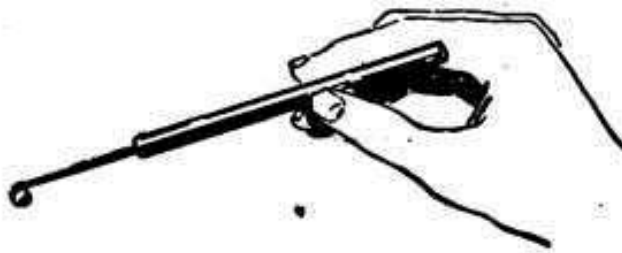
Четыре игры в одной команде:

- "Хастл-бал",
- "Лягушка-прыгунья",
- "Гонка по пересеченной местности",
- "Магнитная картофельная гонка".

Игровое поле новое и оригинальное, как и методы игры. Игра упакована в прочную коробку с красивой литографированной обложкой и имеет размеры 8 × 15½ дюймов. К игровому полю прилагаются волшебные палочки, шарики из полированной стали, магнит в виде подковы "повышенной прочности" и полный набор иллюстрированных правил и инструкций по игре.

- "В отличие от всех других игр".
- "В Хастл-Бейс может играть любой".
- "Как раз то, что нужно прогрессивным партиям".
- "Игры с хастл-болом чрезвычайно увлекательны".
- "Не нужно ждать, пока кто-нибудь поиграет".
- "Вы выигрываете или теряете очко за несколько секунд".
- "Благодаря тому, что лучшие игроки получают гандикап, все игры становятся одинаково интересными и захватывающими".
- "Игра для бабушек и дедушек, а также для внуков".

Совершенно новая идея в играх.



-СУЕТА ОТ СЛОВА "СУЕТА".'

Эта увлекательная игра будет отправлена с **предоплатой** по почте или экспресс-почтой после получения 65 центов.

Адрес: ТОМАС М. СЕНТ-Джон,
Западная 51-я улица, 407,
Нью-Йорк.

ДЖИНГО



ВЕЛИКАЯ ВОЕННАЯ ИГРА

Общение



Захватывающее



Интересное



Простое.

Основательная военная игра: —Пехота против пехоты, Кавалерия против кавалерии и т.д.

Джинго - это действительно великое военное состязание между Англией и Америкой. На игровом поле изображены 14 красивых сцен войны, каждая из которых отлитографирована в 8 цветах. Американские и английские флаги, гербы, пушки, торпеды и т.д. помогают сделать эту игру художественной, красивой и привлекательной. Показаны следующие роты, корабли и т.д.: —*Американская*, 12-я пехотная дивизия США, —6-я кавалерийская дивизия США, —2-я легкая артиллерия США, -Минометная батарея США, —Американский монитор "Миантономох", — американский таран "Катадин", —Линкор США "Индиана", —Торпедный катер США "Кушинг", — американский динамитный крейсер "Везувий".*Английский*, 30—й Восточный Ланкашир, —1—й Королевский драгунский полк,—Королевская конная артиллерия, —Королевская артиллерия, — Н. М.С. "Громовержец", —Н. М. С. "Чайка", —Н. М. С. "Нил", -Н. М. С. "Австралия",-Н. М. С. "Дротик".

В раскрытом виде игровое поле имеет площадь более 16 дюймов. Jingo создана и доработана таким образом, что делает ее самой красивой, артистичной и практичной игрой, когда-либо изданной.

- "Как раз то, что нравится каждому мальчику".
 - "Хорошая идея, хорошо реализованная".
 - "Игровая доска - это произведение искусства".
 - "Любой ребенок может играть в джинго одновременно".
 - "Это самая красивая игра на рынке".
-

ДЖИНГО ДЖУНИОР - величайшая игра, когда-либо придуманная для маленьких людей.

В нее играют на доске Джинго с предоставленными дополнительными боеприпасами.

Эти две замечательные игры станут самым совершенным и красивым дополнением к домашним развлечениям.

ДЖИНГО И ДЖИНГО-МЛАДШИЙ.

Две увлекательные и совершенно разные игры, в которые играют с одним снаряжением и которые собраны в одной коробке.



ЭТО КРАСИВОЕ СНАРЯЖЕНИЕ для игры в TWO GREAT WAR GAMES будет отправлено с предоплатой при получении **1,00 доллара**.

Адрес: ТОМАС М. СЕНТ-Джон,
Западная 51-я улица, 407,
Нью-Йорк.

Примечания переписчика

В текстовой версии текст, выделенный курсивом, обозначается underscores, а жирный - знаками **=равенства=**.

Исправлены очевидные пунктуационные ошибки.

В книге есть несколько непоследовательных переносов, которые были оставлены в том виде, в каком они были напечатаны.

- п. xi. (оглавление) "constructiou" заменено на "строительство"

- стр. xiv. (Оглавление) "Порождение движения" заменено на "Порождение движения"
- р. 27. para. 73. "толстые постоянные магниты" заменены на "толстые постоянные магниты"
- стр. 99. пункт 253. "wabble" может быть опечаткой для wobble, но было оставлено на тот случай, если это могло быть то, что задумывалось.
- стр. 118. Рис. 91. Последняя колонка зачеркнута, но, похоже, там написано "от CU до ZN"
- р. 131. para. 324, 325. Немецкая серебряная проволока, здесь используется G-Sw, но ранее использовался Gsw.
- стр. 164. пункт 395. "цепь замкнута" заменено на "цепь замкнута"
- стр. 166. параграф 398. "сердечник внутри катушки" заменено на "сердечник внутри катушки" после проверки оригинальных сканирований.
- стр. 169-170. Похоже, что в разрыве страницы было опущено одно слово. "Следует использовать медную шайбу Sw". было изменено на "Следует использовать медную шайбу Sw". (Возможны альтернативные слова!)
- стр. 211. № 35. 5-16 дюймов. изменено на 5/16 дюйма.
- стр. 213. № 92, 93. 5-16 дюймов. изменено на 5/16 дюйма.
- стр. 214. № 96. и № 97. 5-16 дюймов. изменено на 5/16 дюйма.
- стр. 216. Запись для Кулона перенесена с конца буквы "C" на текущую выше.